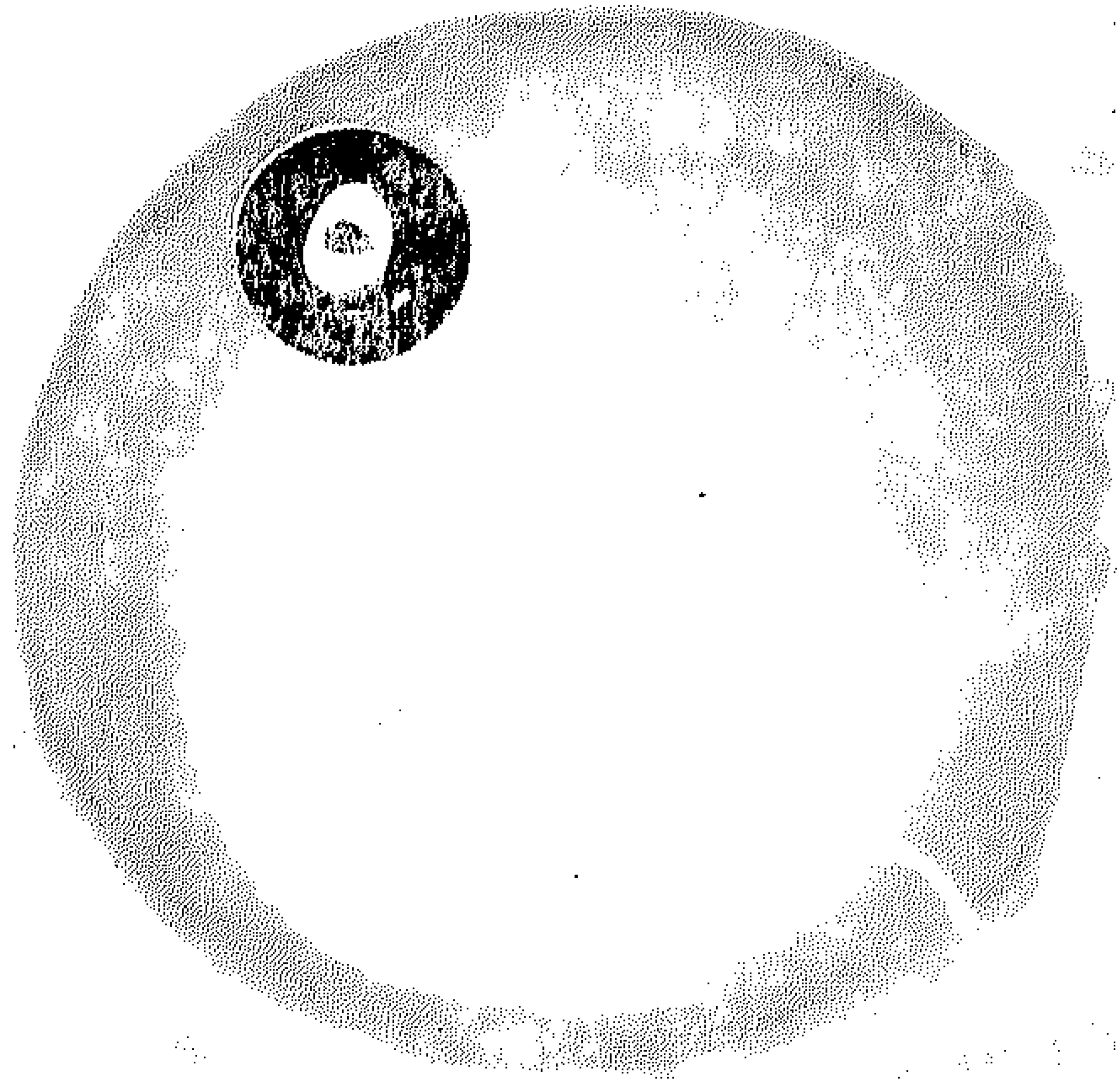


كل شئ عن

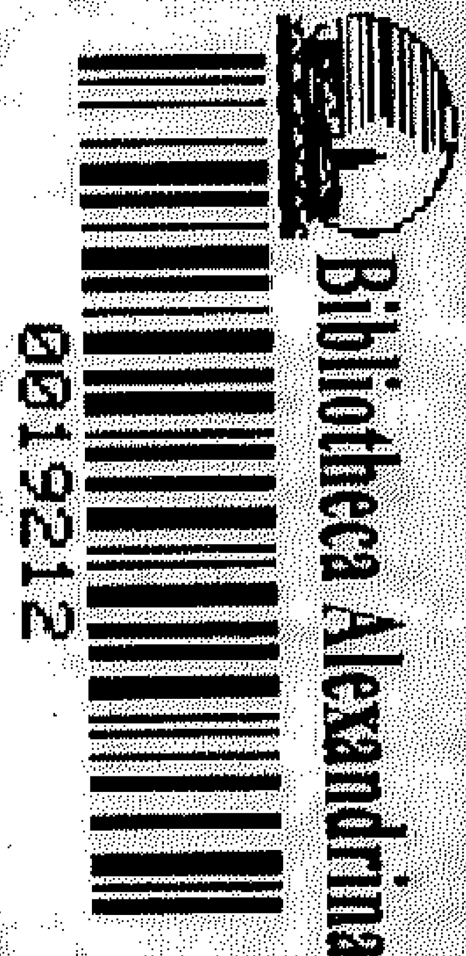
الجو وتقلباته

ى راى تانهيل

محمد جمال الدين الفندى



ار المعارف



الجوّ وتقلباته

(طبعة محدّثة)

نشر هذا الكتاب بالاشتراك
مع
الجمعية المصرية لنشر المعرفة والثقافة العالمية
القاهـرة

الطبعة الأولـى : سنة ١٩٦١
الطبعة الثـانية : سنة ١٩٦٦
الطبعة الثـالثة : سنة ١٩٧١
الطبعة الـرابعة : سنة ١٩٧٦
الطبعة الخامسة : سنة ١٩٨١
الطبعة السادسة : سنة ١٩٩٠
الطبعة السابعة : سنة ١٩٩٢

كل شيء عن

(٥)

الجوّ وتقلباته

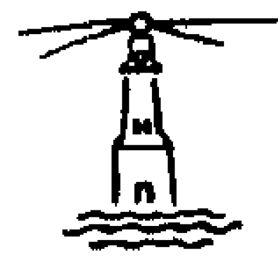
(طبعة محدّثة)

تأليف

إيڤان راى تانيهيل

ترجمة

الدكتور محمد جمال الدين الفندى



دار المعارف

هذه الترجمة مرخص بها، وقد قامت الجمعية المصرية لنشر المعرفة
والثقافة العالمية بشراء حق الترجمة من صاحب هذا الحق

الناشر : دار المعارف – ١١١٩ كورنيش النيل – القاهرة ج.م.ع.

المشتركون فى هذا الكتاب

المؤلف:

إيڤان راى تانيهيل: قضى معظم حياته فى دراسة الطقس (الجو)، فقد ظل أربعين سنة تقريبًا يعمل بالأرصاد الجوية وفى خلال الأربع عشرة سنة الأخيرة كان مديرًا للتنبؤات الجوية بمكتب الأرصاد الأمريكى. اقتضته ظروف عمله أن يزور بلادًا كثيرة، وفى كثير من الأحيان ليمثل الولايات المتحدة فى المؤتمرات التى تعقد لدراسة الأرصاد الجوية. وكان لعدة سنوات رئيسًا للجنة الدولية لدراسة الجو. وألف عدة كتب عن الجو ونال جوائز وميداليات كثيرة واكتسب شهرة واسعة للعمل الذى قام به فى دراسة الأحوال الجوية فى العالم.

المترجم:

الدكتور محمد جمال الدين الفندى: أستاذ الطبيعة الجوية بكلية العلوم بجامعة القاهرة. تخرج فى كلية العلوم، جامعة القاهرة، فى الطبيعة مع مرتبة الشرف الأولى، ثم حصل على دبلوم معهد الأرصاد الجوية من لندن سنة ١٩٣٨. حصل على الدكتوراه فى فلسفة العلوم سنة ١٩٤٦. نال جائزة الدولة فى العلوم عامى ١٩٤٧، ١٩٥٠. له أكثر من واحد وعشرين بحثًا ومؤلفًا بالإنجليزية، كما أن له مؤلفات عدة بالعربية فى موضوع العلوم المبسطة، منها: «الصعود إلى المريخ» و«الغبار الذرى» و«قوى الطبيعة فى خدمتك» و«طبيعيات الجو وظواهره» و«قصة الكون» و«التنبؤ بفيضان النيل». ترجم كتاب «سكان السماوات» وكتاب «رواد الصواريخ» وكتاب «كل شىء عن الأقمار الصناعية وسفن الفضاء» وهى من الكتب التى نشرتها الجمعية.

مصمم الغلاف: إيهاب شاكر

محتويات الكتاب

صفحة

تمهيد ٧

١ - خبير الطقس يتنبأ بعاصفة ٩

٢ - محيطنا الهوائى الذى لا نراه ١٥

٣ - ثمانية آلاف متر إلى عنان السماء ٢١

٤ - الشمس والأرض والرياح ٢٩

٥ - يوجد فى الهواء ماء ٣٩

٦ - المطر، والثلج، والبرد، والجليد المتميع ٤٦

٧ - العواصف: الحسن منها والردىء ٥٩

٨ - كيف نقيس ونرصد عناصر الجو ٦٨

٩ - ماذا يجرى فى أعالى الجو؟ ٨٠

١٠ - التنبؤ بالجو ٨٨

١١ - رجال الرصد الجوى يعملون ١٠١

١٢ - من أجل خير الجميع ١١٤

تمهيد

سوف نحظى فى هذا العصر بكثير من الكشوف العلمية المثيرة، التى تفوق أية كشوف صادفها أهل العصور الماضية، وسوف يكون بعض هذه استكشافات فى مجال «الميتورولوجيا» أو مجال دراسة الجو بطبيعة الحال. ونحن نستطيع منذ الآن أن نرى باكورة هذه الاستكشافات الخلابة فى علم الأجواء، وهى ناحية تهم كل فرد، إذ مهما كانت طبيعة عملك فإن حياتك تتأثر ولاشك تأثرًا كبيرًا بالجو وتقلباته، وكلما زاد فهمك لهذه التقلبات والوقوف على حقيقة أمرها كان فى مستطاعك استغلالها لمصلحتك لتكون خيرًا لك، بدلا من أن تكون شرًا عليك.

وستقرأ فى كتاب «كل شىء عن الجو وتقلباته» قصة الطقس بلغة سهلة غير معقدة مع عدم الإخلال بالدقة العلمية، فقد كتب القصة رجل رأس أقسام التقارير والتنبؤات الجوية فى مصلحة الأرصاد الجوية بالولايات المتحدة عدة أعوام، كما درس تقلبات الجو فى كل أرجاء المعمورة. وهو يروى هذه القصة لجميع أهل الأرض، فيحدثهم كيف يتنبأ أخصائى الطقس بالعواصف والفيضانات وغيرها من حالات الجو العادية وغير العادية، ويبين كيف يكافح البشر لحماية أنفسهم من غوائل الطبيعة عندما تثور وتتقلب.

ولقد نجح الإنسان بعض الشىء فى السيطرة على الجو فى حدود ضيقة جدًّا. وهناك أسباب عديدة تدعونا إلى القول بأن أعمال خبراء الطقس تزداد أهمية من يوم إلى آخر، وتتطلع إليها تلك الجموع المتزايدة من البشر على الأرض، فكلما ازدادت سرعة مواصلاتنا واتسعت مجالات صناعاتنا وتجاراتنا زاد اهتمامنا بمعرفة الجو وتقلباته. ويعطيك أحد المتخصصين المرموقين فى هذا الفرع تقزيرًا جويًّا مثيرًا، ذلك لأنه حقيقة واقعة.

فرانسيس و. رايهلدفر
رئيس مكتب الأرصاد
واشنجتون د. س.



١
خبير الطقس يتنبأ بعاصفة

الجو أكثر الأشياء التى نتحدث عنها فى مجتمعاتنا، وبخاصة عندما يشتد القيظ أو يسود البرد القارس، أو عندما ينهمر المطر مدرارًا أو يعم الجفاف طويلا. وإذا ما اجتاحت البلاد عاصفة هوجاء نظل نتساءل: «من أين يجىء هذا الجو الردىء؟»؛ وغالبًا ما يبدو كأنما ليس للعاصفة مكان معين تقبل منه، فقد تكون السماء صحوًا فى يوم من أيام الشتاء الباردة، وليس فى الجو ما يعكره، وإذا بالسحب الداكنة تتجمع فجأة فى جو السماء، ثم يتساقط الثلج ببطء ويغطى أوراق الشجر والأغصان، ويتراكم على الشجر والشوارع وأسقف المنازل والطرقات ونحوها. وتشتد سرعة الرياح راسمة خطوطًا بيضاء فى الحقول، ويسمع صفير الأسلاك والريح تعصف فى المساء، ويتراكم الثلج على المنازل والحواجز.

ونقرأ فى اليوم التالى أن كثيرين غيرنا هبت عليهم تلك العاصفة، وأننا كنا على خط سيرها الممتد على طول البلاد، وأن المواصلات قد تعطلت فى الشمال الشرقى بسبب تراكم الثلوج، أما فى الغرب فإن الثلج لايزال يتساقط مع هبوب

رياح هوجاء وهبوط درجة الحرارة إلى ما دون الصفر؛ ونعرف – ونحن نهز رءوسنا أسفًا – أن آلاف الماشية قد ماتت لأن أصحابها لم يبالوا بالتحذير الجوى الذى أذيع خاصًا بالعاصفة، فلم يتسع أمامهم الوقت لحمايتها فى الحظائر، كما أن كثيرين من راكبى السيارات دهمتهم العاصفة فى الطرق فتعطلوا عن السير* وكادت سياراتهم تطمرها الثلوج المتراكمة.

وقد يحدث فى إحدى ليالى الصيف أن تسكن الرياح ولا يبقى أثر للنسيم، ويتراكم الهواء الساخن داخل الغرف ويحتبس فيها، فيتعذر علينا النوم من شدة الحر، ونتقلب فى الفراش ولا أمل لنا فى تحسن الجو معظم الليل، وإذا بهدير الرعد يدوّى بين السحب على غِرة فيبدد سكون الليل؛ ولا نكاد ننظر خلال نوافذنا المفتوحة حتى نبصر بالبرق يومض بين السحب، ثم لا تلبث السماء أن تجود ببعض نقط المطر النامية. ويهب نسيم منعش ترقص له ستائر نوافذنا طربًا، ونتساءل: «أليس من الجائز أن تكون تلك الليلة الهادئة قد تمخضت عن عاصفة هوجاء؟» ويعود الهواء البارد فيهب من جديد، وتضىء السماء كلها ببرق خاطف، فنوقن أنه لا مناص من إقفال النوافذ، وما إن ننهض من فراشنا حتى يدوى هدير الرعد حين تنهمر رخات المطر بغزارة، فنجفل قليلا، وبعد برهة نسمع صوت نقر حبات البَرَد المتساقط على النوافذ المغلقة. ونختبئ فى الفراش ونهمس قائلين: «ما هذا الذى أطلقه الليل من عقاله؟».

ومرة أخرى نسمع فى الصباح أنها لم تكن مجرد عاصفة واحدة، وإنما هى جبهة عواصف طويلة عمت البلاد وشملتها، وأصابت بعض أرجائها بالدمار والخراب. فقد أتلف البرد أغلب أشجار الفاكهة ومعظم المحصولات فى الحقول، كما تعرضت بعض الأماكن لإعصار جبار هدم المنازل وترك أهلها بلا مأوى يلجئون إليه، وحملت الرياح العاتية الماشية والخيل إلى أماكن نائية بعد أن أطاحت بكثير من الحظائر.

وبطبيعة الحال لم نكن نعرف شيئًا عن هذا الذى حدث ونحن نيام نلتمس

---

* تشابه هذه الحالة فى الشرق الأوسط عواصف الرمال التى تقطع الطرق الصحراوية فى أواخر الشتاء وفى فصل الربيع. ويتساقط الثلج من السماء فى البلاد الباردة فى صورة صفائح رقيقة (بلورات) عندما تكون درجة حرارة الجو كله دون الصفر، وهو يختلف تمامًا عن البَرَد الذى يتساقط أحيانًا مع أمطار الشتاء فى مصر والذى يطلق عليه العامة اسم (الملح)، وهو كثيرًا ما يتساقط فى المناطق الحارة أيضًا. (المترجم)



قد يتجمع الثلج بدرجة تكفى لدفن العربات فى العواصف الثلجية

الدفء فى فراشنا، ولكن خبير الطقس كان يعلم كل ذلك، فقد بادر بإذاعة التحذيرات اللازمة، وفى الحال اتخذت الإجراءات فى المطار، وأصدر مراقبوه الأوامر بربط الطائرات الجاثمة على أرضه؛ وغيرت طائرة محلقة فى سمائه خط سيرها لتتفادى تلك العاصفة ولا تدخل خط هبوبها فلا تستطيع الخروج منه.

ولكن كيف استطاع خبير الطقس أن يتنبأ بحلول العاصفة؟... إن السر لم يكن قطعًا لأنه نظر إلى السماء فلم يعجبه منظر ضياء القمر أو لم يرقه تلألؤ النجوم، فقد كان على بينة من أمر العاصفة قبل الغروب بمدة طويلة. ولم يكن السر أيضًا لألم فى مفاصله ألمّ به، أو صداع فى رأسه أصابه، فقد كان ثابت القدمين سليم الجسم مكتمل الصحة. ولم يكن السر على أية حال لحدوث علامة من العلامات التى ننقلها عن الأقدمين أو خرافة من الخرافات التى يتوارثها البشر جيلا بعد جيل، وإنما استند ذلك الخبير فى تكهنه هذا والتنبؤ بالعاصفة إلى أسس قويمة وسليمة من علم الرصد الجوى.

فهو قبل كل شىء تنبه إلى تغير الجو بما شاهد من اختلاف فى رصد درجة الحرارة والرياح ودرجة الرطوبة، وعلى ذلك لم تفاجئه العاصفة، بل كانت أمرًا عاديًّا عنده، واعتبر تلك التغيرات التى شاهدها فى عناصر الجو بمثابة الإنذار بما سيجىء من تقلبات. والحق يقال: لم يكن فى وسع خبير الطقس أن يدرك مدى تحذيرات الطبيعة ونذرها، ما لم يتم التعاون بينه وبين غيره من الخبراء ، حتى ولو

كرس حياته كلها يحلل أرصاده ويدرسها وحدها دون مضاهاتها بأرصاد غيره من الخبراء على مساحة واسعة من سطح الأرض.

إن معلوماتنا عن الجو ما هى فى الواقع إلا حصيلة الأرصاد التى تأخذها أمم عديدة بالإضافة إلى ما سجلته محطاتها فى الماضى، وكذلك أرصاد الذين ارتادوا المناطق المتجمدة فى الشمال والجنوب، وجابوا الصحارى فى آسيا وأفريقيا، وأرصاد السفن وهى تعبر البحار والمحيطات التى تغطى ثلاثة أرباع سطح الأرض. وبدأت دراساتنا للعواصف والأنواء التى تجتاح البحار أول ما بدأت عن طريق ما جمع أولئك الرجال الذين خاضوا المعارك ضد تلك العواصف فى الماضى، فقد كانوا يرصدونها بدقة وعناية من فوق سفنهم الشراعية وهى تجابه نكباء البحار (الهاريكين)، ثم يدوِّنون أرصادهم ومشاهداتهم بعد أن يخرجوا منها سالمين.

وعندما جمعنا هذه الأرصاد كلها وعملنا على مقارنتها بعضها ببعض تبين لنا على التدريج أن جو أى بقعة من بقاع الأرض إنما يتصل اتصالا وثيقًا بجو العالم أجمع ولا ينفصل عنه، فالغلاف الهوائى تتحرك أجزاؤه على الدوام حاملة معها أنواع الطقس المختلفة من مكان إلى آخر؛ والجو الذى سيسود عندنا غدًا أو بعد غد إنما يزحف إلينا، أو هو فى طريقه نحونا، اليوم قادمًا من مكان قصىّ. وقلما تباغت العواصف خبراء الطقس، لأنهم يعرفون خطوط سيرها ومواعيد اقترابها، وهم لا يقتصرون على أرصادهم فى تتبعها وإنما يستعينون بكافة الأرصاد والتقارير التى تصل إليهم، ويصدرون على أساسها نشراتهم وتحذيراتهم الجوية.

ومعنى ذلك كله أن خبير الطقس لا يلجأ إلى الخزعبلات، ولا يركن إلى الأراجيف ليبنى تنبؤاته، فهو لا يربط بينها وبين آلام جسمه، ولا بينها وبين علامات تبديها الدواب أو الماشية، وإنما أثبتت ملايين الأرصاد التى أخذت وسجلت فى مختلف محطات الرصد على الأرض أنها هى سبيله القويم، وطريقه العلمى السليم، الذى يوصله إلى الهدف المنشود.

ونحن لا ننكر – برغم هذا – أن هناك أقوالا مأثورة وعلامات توارثتها الأجيال تدل على ما سيجىء من تقلبات الجو. وهى إن خابت فى كثير من الحالات تصدق أحيانًا. فمثلا نجد فى الشعر الهندى القديم حكمة تقول:

«عندما تدخل الشمس بيتها تدر السماء غيثها»



تبدو بعض أنواع السحب كأنما نقشتها ريشة الرسام

ومعنى ذلك أنه عندما تحيط بالشمس هالة ضوئية سرعان ما تمطر السماء. والحق يقال: إنه قد يصادف ظهور الهالة الشمسية بين السحب نزول المطر أحياناً، إلا أننا لا نستطيع أن نتخذ من هذه الظاهرة الضوئية قاعدة مطردة نسير عليها فى التنبؤ بالمطر.

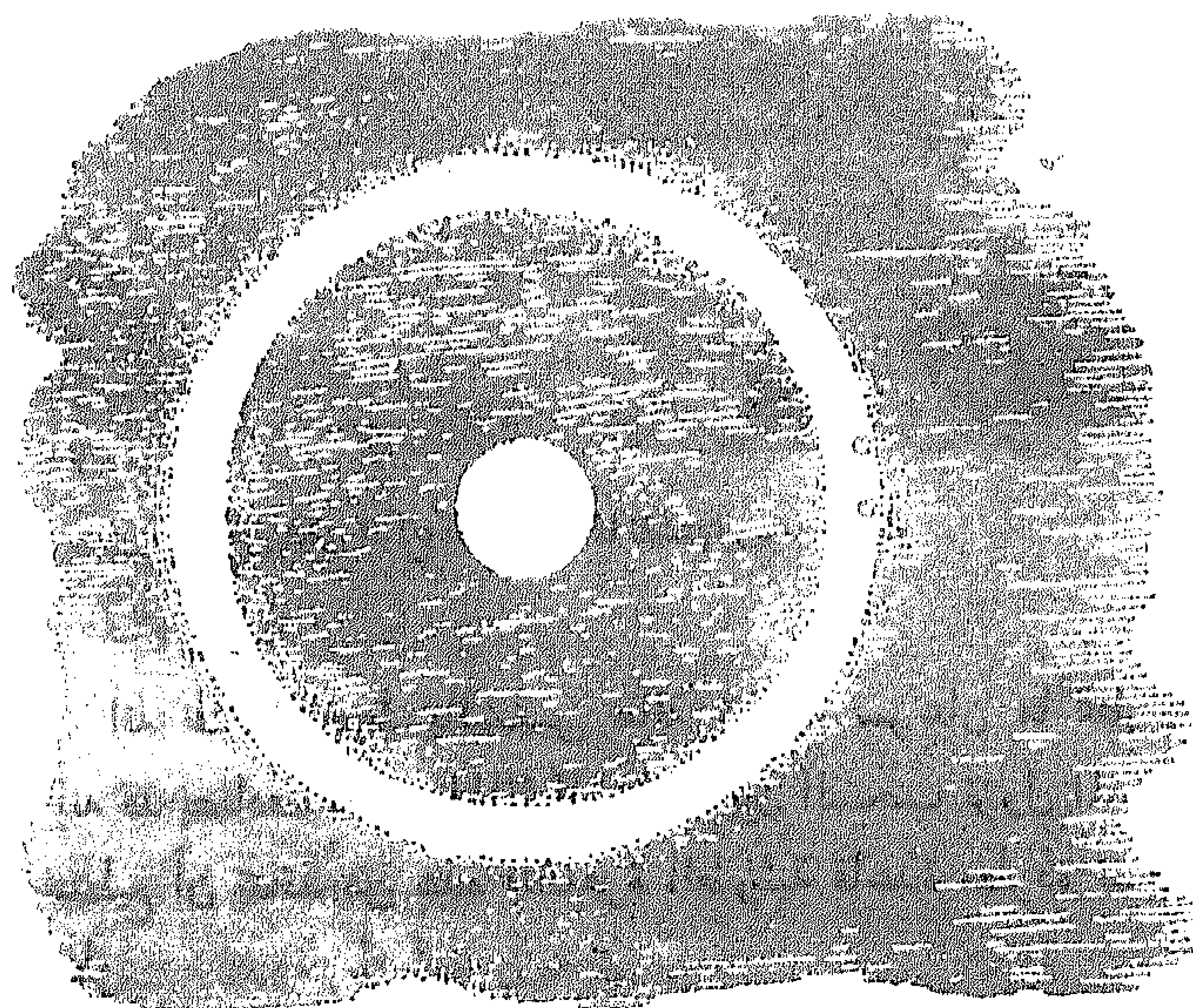
ولدى أمم الأرض على اختلاف أجناسها الكثير من أمثال هذه الأقوال المأثورة، ومن أبيات الشعر الشائعة فى هذا الصدد:

ما أسرع ما تهب الرياح الهوجاء عندما تزخرف ريشة الرسام القبة الزرقاء

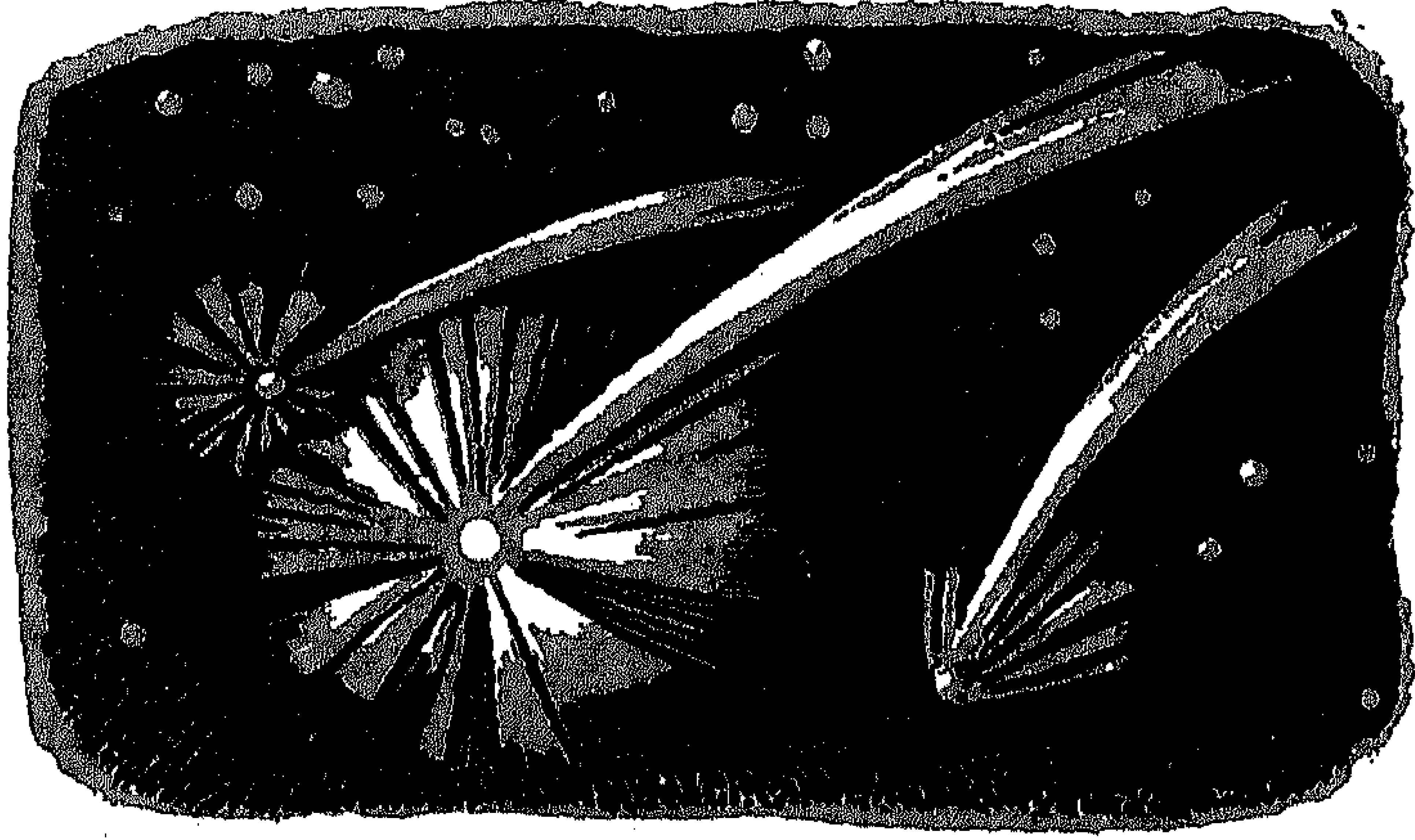
ومعنى البيت أنه عندما تنتشر السحب العالية الشفافة فى جو السماء، وتظهر فيها بعض ألوان الطيف ساطعة عند الغروب، يكون ذلك دليلا على اقتراب عاصفة هوجاء. وبرغم أن مثل هذا الوصف قد يصدق أحياناً فإنه ولا شك كثيراً ما يخيب ولا يفلح كقاعدة للتنبؤ بالعواصف وتقلبات الجو.

ونقطة الضعف الحقيقى فى مثل هذه الأقوال المأثورة كلها، أو العلامات التى تناقلها الناس منذ القدم، أنها لا تذكر شيئاً عن أسباب تقلب الجو ولا تتعرض لهذه الناحية بتاتاً، ولهذا نجدها قليلة الجدوى؛ وهى من الوجهة العلمية عديمة الفائدة لا تكشف لنا شيئاً من أساليب الطقس وتقلباته، تلك الأساليب التى

عالجها العلم بطرق قويمة جعلتها تتكشف لنا شيئًا فشيئًا بمضى الوقت. وليس من شك أنه كلما زاد عدد الراصدين فى كل قطر توافرت لدينا التقارير والنشرات الجوية واتسعت بذلك آفاق معرفتنا بأساليبه، وصحت عمليات التنبؤ الجوى التى يقوم بها الخبراء المتخصصون.



قد تظهر أحيانًا هالة من الضوء حول قرص الشمس



٢
محيطنا الهوائى الذى لا نراه

قلما تظل حالة الجو على وتيرة واحدة خارج نطاق المناطق الاستوائية، فهى فى تغير مستمر. وكثيرًا ما نلمس (فى المناطق المعتدلة والباردة) تقلبات ظاهرة فى الجو خلال اليوم الواحد، فمن رياح عاصفة أو هطول مطر مستمر أو ثلج، إلى سماء زرقاء مشمسة تحجب بعض أركانها السحب العابرة. ونحن قد ألفنا مثل هذه التقلبات.

ولكن ما حقيقة هذا الجو الذى يؤثر فينا وفى حياتنا كل هذا التأثير، وما كنهه؟ حقًّا إننا لا نراه بأعيننا، ولا حتى نستطيع أن نلمسه أو نمسكه بأيدينا، ولكننا واثقون من وجوده برغم أنه لا لون له ولا طعم، فها نحن أولاء نلمس آثاره عندما يهز أوراق الشجر، أو تترنح الأغصان وتتمايل تحت وطأته. وإذن فهنالك تمثيلية كبرى تجرى فصولها تباعًا من حولنا، إلا أنها تمثل على مسرح لا تدركه الأبصار، ويقوم بالأدوار فيها ممثلون لا نراهم فى أغلب الأحوال.

ولعلنا نلمس أول ما نلمس أن هذا الغلاف الهوائى إنما يجعلنا بمثابة السمك الذى يعيش فى قاع محيط عميق جدًّا يمتد عمقه إلى أقصى حد ممكن. ولكن ليس هذا المحيط حوض معين، فهو يفيض على الدوام حول الأرض كلها ويمتد رأسيًّا

إلى أعماق الفضاء خلال مسافات دونها أضعاف أضعاف عمق المحيط الهادى. وهناك فى قيعان محيطات الأرض، حيث يسود الظلام الدامس، تمد الطبيعة بعض أحياء تلك الأرجاء بمصابيح فى أجسامها تنير لها السبيل من حولها، أما نحن فإننا نعيش فى قاع محيطنا الهوائى بحيث نرى الشمس عندما تشرق يبدد نورها ظلمات الليل، وعندما تغرب نرى القمر والنجوم وقد نفذت أشعتها خلال الهواء الذى من حول الأرض، أى إن محيطنا الهوائى لطيف شفاف يسمح بمرور الضوء من خلاله.

والمعروف أن قوام هذا المحيط خليط من عدة غازات* غير مرئية؛ أعمها شيوعًا غاز الأزوت (أو النيتروجين) الذى تربو نسبته على أكثر من ثلاثة أرباع الغازات المكونة للغلاف الجوى بأسره، ثم غاز الأوكسجين وهو لا يصل مقداره إلى الربع تمامًا. أما بقية الغازات فلا تزيد فى جملتها على جزء واحد من مائة جزء من الهواء، ويغلب عليها غاز الآرجون.

وبطبيعة الحال نحن جميعًا على بينة من أن الغازات لا تزن كثيرًا، أى إنها قليلة الكثافة جدًّا (على حد التعبير العلمى)؛ فنحن نقول فى الأمثال: «أخف من الهواء»، ولكن ليس معنى ذلك أن الهواء عديم الوزن، وإنما بنيت أجسامنا بحيث تتحمل ضغط كتل الهواء المتراكمة من فوقنا والتى تمتد رأسيًّا خلال مئات الأميال، تمامًا كما تتحمل الأسماك فى أعماق المحيط ضغط المياه المتراكمة من فوقها خلال أميال عديدة.

والآن ما قيمة الضغط الذى تتحمله أجسامنا؟ إنه بطبيعة الحال لا يقارب الضغط الذى تتحمله أجسام الأسماك التى تعيش فى أعماق المحيط، فأى حجم من الهواء على سطح الأرض يعادل وزنه ١/٨٠٠ من وزن حجم مماثل من الماء، وهى كمية برغم أنها تبدو ضئيلة، إلا أن تجميع أوزان طبقات الهواء المتراكمة بعضها فوق بعض إلى قمة الجو يعطينا قدرًا لا بأس به من الوزن، يضغط على أجسامنا بقوة تعادل نحو كيلوجرام على السنتيمتر المربع.

ومن أهم صفات الغازات المميزة أنها لا تحافظ على شكل معين أو حجم بالذات، بل تنتشر لتملأ الفراغ الذى تعرض له. وأنت إذا ما صببت بعضًا من

* لعل أصل كلمة غاز هو اللفظ الإفرنجى (جاز)، وربما كان لفظ دخان أصوب لغويًا، إلا أنه لا يؤدى المعنى المصطلح عليه الآن.

الماء فى إناء أو (إبريق) استقر الماء فى قاع الإناء فقط، ولكنك لا تستطيع أن تجرى التجربة نفسها باستخدام الهواء مثلا، بمعنى أنك لا تستطيع أن تملأ جزءًا خاصًا من الإناء بالهواء وتترك الجزء الباقى خلوًا منه، وتسرى هذه القاعدة على الغازات كافة؛ وذلك كما قدمنا لأنها تنتشر لتملأ الفراغ الذى يعرض لها، أى إنها تتمدد. ولكن لماذا لا ينتشر جو الأرض أو يتمدد حتى يصل إلى القمر مثلا؟ أو حتى إلى النجوم؟ ثم لماذا لا يملأ الفراغ الكونى بأسره؟

وللإجابة على هذا السؤال نقول إن ذلك غير ممكن. فكل ما فى الوجود يخضع لقوانين الطبيعة، وقد يحدث أن يقع جسم تحت طائل قانونين يمحو أحدهما عمل الآخر. فقانون الغازات مثلا يسمح لها بالتمدد، ولكنها كأى جسم آخر تخضع أيضًا لقانون الجاذبية، لأن الأرض تمسك غلافها الهوائى بفعل جاذبيتها تمامًا كما تقبض على أجسامنا وتجذبها إليها، وهذا هو السر فى بقاء الغلاف الهوائى متماسكًا حول الأرض خلال ثلاثة بلايين السنة التى مضت منذ* نشأتها.

وإنه لمن حسن حظنا حقًّا أن توفر للأرض القدر الكافى من الجاذبية فاستطاعت أن تحتفظ بغلافها الجوى، وإلا لما أتيحت لنا فرصة الوجود عليها، وأصبحت كالقمر الذى فقد جوّه وبقى عالمًا ميتًا. والمعروف أن الإنسان يستطيع أن يعيش أيامًا عديدة بدون طعام، وأيامًا معدودات بغير شراب، ولكنه لا يستطيع أن يعيش من غير الهواء إلا دقائق قليلة.

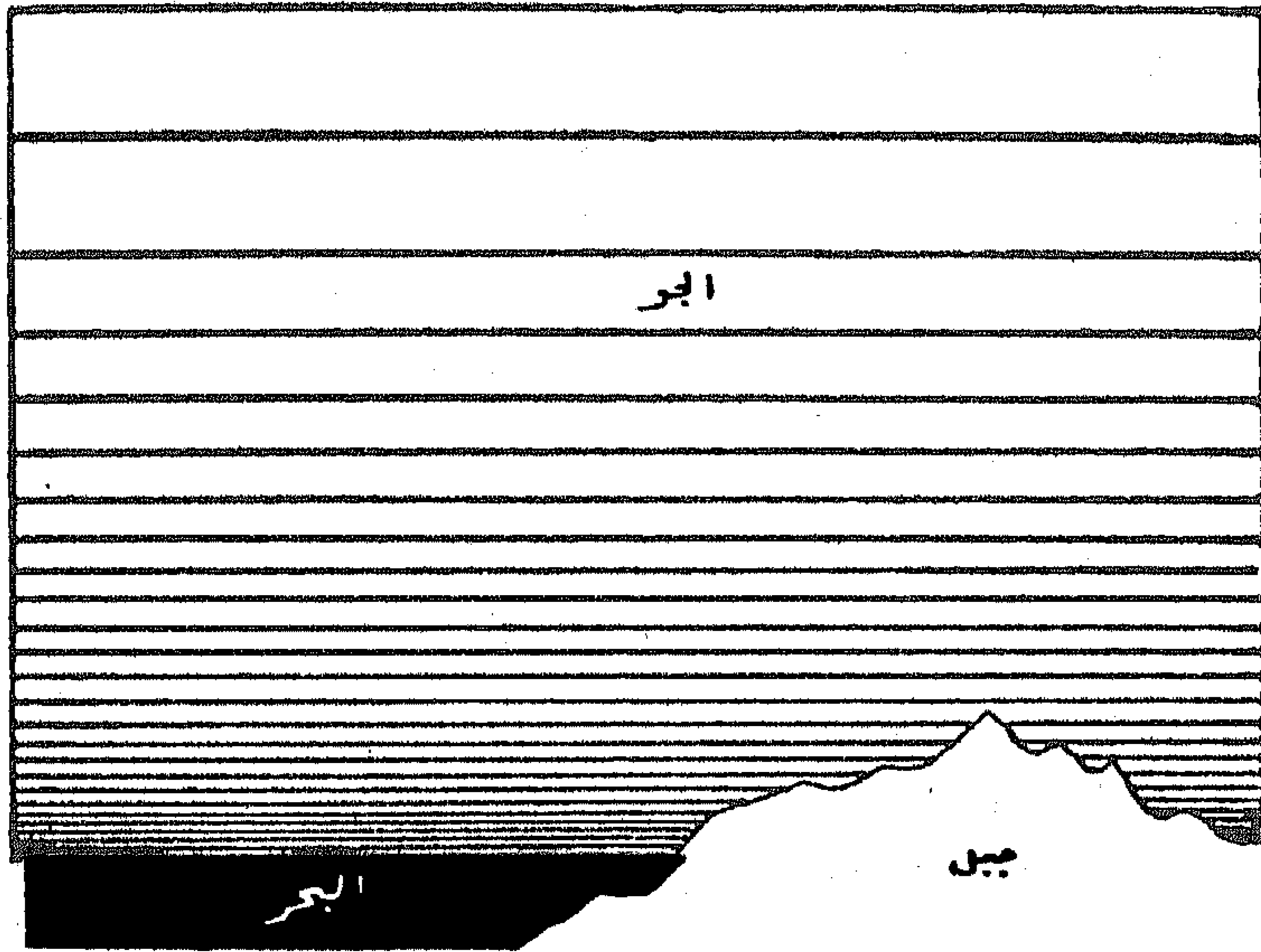
ولكن لماذا كان الأمر كذلك؟

إننا، برغم أننا لا نفكر فى هذه الحقيقة إلا قليلا، نعتمد اعتمادًا كليًا على محيط الهواء الذى من فوقنا، وقد بنيت أجسامنا بحيث تلائم العيش فى قاع هذا المحيط الهوائى: فرئاتنا تستنشق الأوكسجين اللازم لتنقية الدم أو حرق الفضلات المترسبة فيه أولا فأولا، كما أن النباتات التى نتغذى بها نحن وسائر الحيوانات آكلة العشب تعتمد فى بناء أجسامها على ثانى أوكسيد الكربون الذى تستخلصه من الجو. وهكذا ترى أنه بينما نستنشق نحن أوكسجين الجو لنعيده فى صورة غاز ثانى أوكسيد الكربون مع هواء الزفير، يقوم النبات بالعملية العكسية تمامًا، فهو يمتص غاز ثانى أوكسيد الكربون هذا من الجو ليعيده إليه أوكسيجينًا خالصًا.

---

* ولو أن الثابت أن نسب الغازات المكونة له لم تكن فى المبدأ هى النسب نفسها الموجودة الآن، بل خضعت فى ذلك لعوامل أخرى.

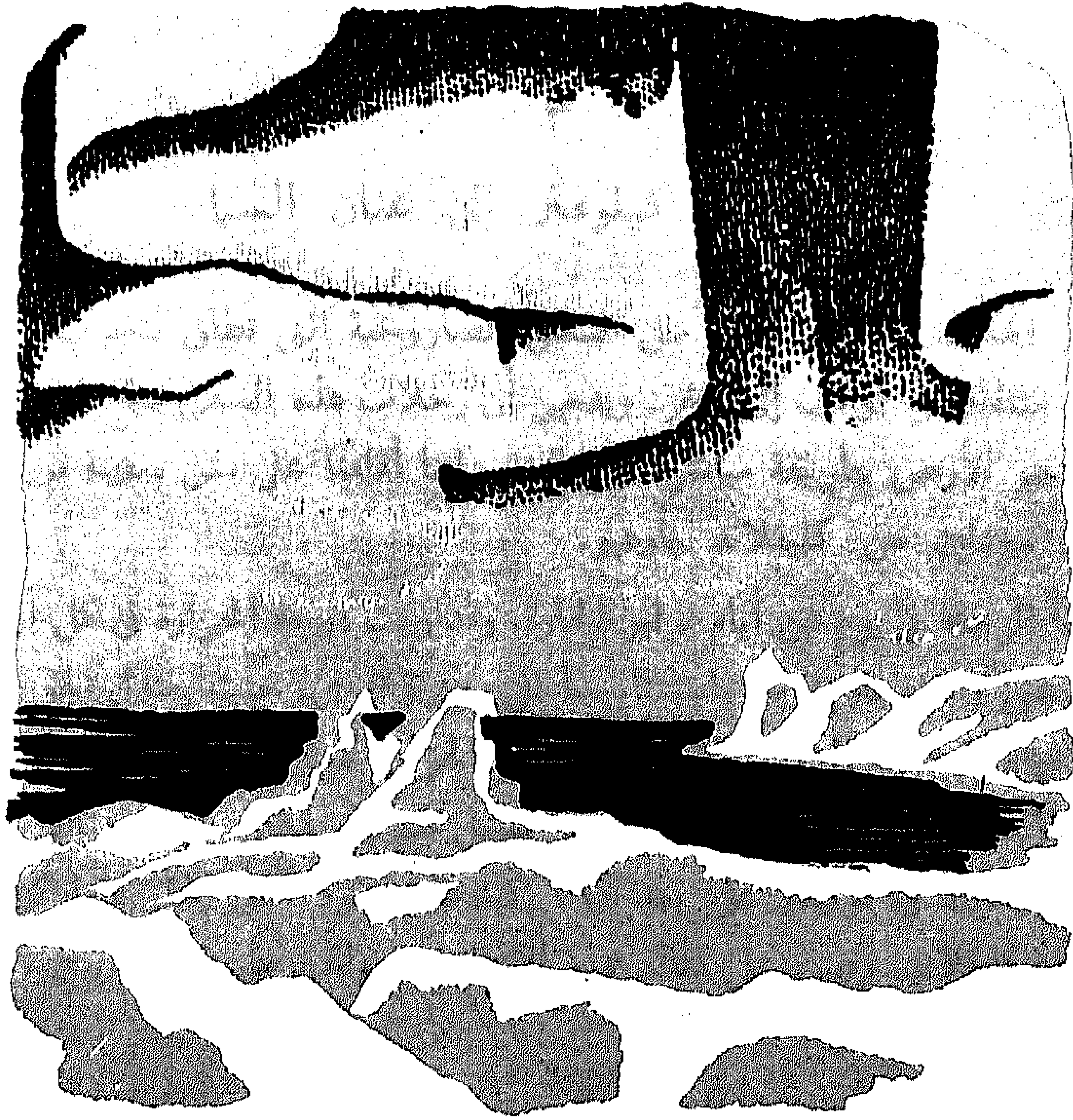
وإذًا فإنه من حسن طالع الأرض أن كان غلافها الهوائى يقع تحت طائل قانون الجاذبية فى الوقت نفسه الذى يخضع فيه لقانون الانتشار، فهو يتمدد ولكن بدرجة لا تسمح له بالإفلات من قبضة الأرض والتلاشى فى خضم الفضاء الكونى. وثمة ظاهرة أخرى تلازم انتشار الهواء، فكلما ازداد الارتفاع بازدياد البعد عن سطح الأرض، قلت كثافة الهواء أو أصبح لطيفًا، والعكس بالعكس. وعلة ذلك أن الهواء يستجيب للضغط الواقع عليه، وبطبيعة الحال تضغط كل طبقة منه على ما تحتها من طبقات تمامًا، كما تتثاقل الكتب بعضها على البعض عندما نرصها رأسيًّا. وتبلغ جملة هذه الضغوط مقدارًا كبيرًا، فقد وجد بالحساب أن غلاف الأرض الجوى يزن نحو ٥٩٠٠ تريليون طن، مما يفسر لنا ازدياد انكماش طبقات الهواء بازدياد القرب من سطح الأرض، بحيث تشغل فراغًا أصغر فأصغر. ويبلغ تراكم الجو فى طبقاته الدنيا درجة تجعل نصف وزن الغلاف الجوى بأسره يتركز فى ثلاثة الأميال ونصف الميل الأولى، كما تحتوى الأميال الثمانية عشر القريبة من سطح الأرض على ٩٧ فى المائة من كتلة هذا الغلاف.



هكذا يزداد انكماش طبقات الهواء بازدياد القرب من سطح الأرض فتشغل فراغًا أصغر فأصغر.

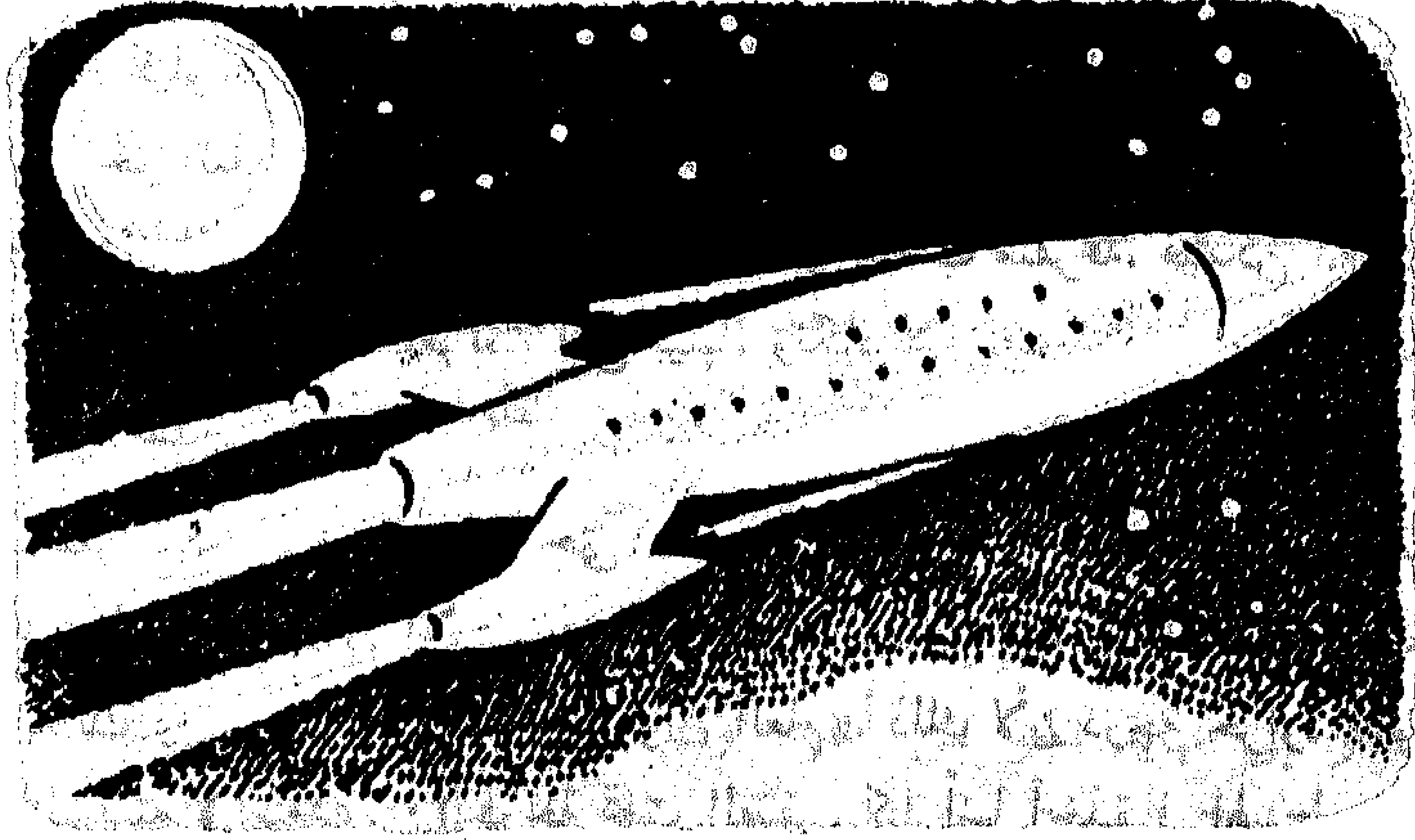
هل لمحيطنا الهوائى سطح علوى على غرار سطح محيطات المياه؟ نحن لا نعرف تمامًا، إلا أننا جمعنا بعض المعلومات فى هذا الصدد عن طريق الشهب التى تهوى إلى جو الأرض، فكل ما يسبح فى الفراغ القريب من الأرض يتثاقل إليها، وها نحن نرى كتل الصخور والمعادن التى نسميها النيازك تستجيب من آن لآخر لجذب الأرض وقبضتها التى لا سبيل إلى مقاومتها، فتهوى فى الجو وتحترق من أثر الاحتكاك به، ونبصر ضياءها على أبعاد تتراوح من ٦٠ إلى ٣٦٠ كيلومترًا، مما يدل على وجود الهواء على تلك الأبعاد.

ولقد جمعنا أيضًا بعض المعلومات برصد الفجر القطبى (الأورورا)، وهو من بدائع ما يشاهد فى المناطق القطبية. والمعروف الآن أن «الأورورا بوريالس» هو



يبدو الفجر القطبى (الأورورا) على هيئة مجار أو حزم أو ستائر أو أقواس مضيئة.

من تأثيرات الشمس الكهربية على أعالى الجو. ومن أنواعها أنوار الشمال التى نرصدها تحدث على ارتفاعات تصل إلى ١١٠٠ كيلومتر فوق سطح الأرض، مما يدل كذلك على وجود الهواء هناك مهما بلغت رقته، أو قلّت كثافته. وربما ينتشر الهواء على أبعاد أكبر من ذلك، فقد توجد جزئياته متناثرة على ارتفاع آلاف الكيلومترات أو أكثر بكثير بحيث تفصلها بعضها عن بعض مسافات شاسعة وسط الفراغ الكونى.



٣
ثمانية آلاف كيلومتر إلى عنان السماء

كثر الحديث فى هذا العصر عن السفن الصاروخية التى تطلق لتجوب أركان الفضاء متنقلة من كوكب إلى آخر. وبديهى أن رحلات هذه السفن تتيح لنا فرصة دراسة جو الأرض بطريقة مباشرة. ولنفترض اننا أقلعنا على متن سفينة من هذه السفن مبتدئين من كليفلاند بأوهيو.

تبدأ الرحلة فى يوم من أيام يوليو الحارة، وقد ربت درجة الحرارة فى كل أرجاء المدينة على ٣٢ درجة مئوية، باستثناء ساحل بحيرة أيرى، حيث يعتدل الجو نوعًا بتأثير مياه البحيرة الباردة ولا ترتفع درجة الحرارة فوق ٣٠ درجة. الناس فى حالة ملل وسأم من وطأة الحر، وكأنما لا سبيل لهم إلى مكان بارد؛ فهناك حول منحنى البحيرة فى توليدو على بعد ١٦٠ كيلومتر يسود الجو الحار تمامًا كما هو الحال فى كليفلاند، وقس على ذلك جميع الاتجاهات. ولكن ما هو الحال فى أعالى الجو؟

عندما تشرع سفينتنا فى الصعود نتجه صوب الجنوب الغربى لنرقب المناطق الوسطى للبلاد. وأول ما يلفت أنظارنا فى أثناء الصعود انخفاض درجة حرارة الجو على التدريج، فهى تهبط بمعدل درجة واحدة لكل ١٦٠ مترًا. وعندما نصل

إلى علو ٣ كيلومترات فقط تكون درجة الحرارة قد هبطت إلى ١١ درجة. وهكذا نتبين أن الجو البارد لم يكن بعيدًا عنا بحال من الأحوال، وأنه قريب منا جدًّا إذا ما اتجهنا إلى السماء. وتلك لحظة نمر فيها خلال سحب متفرقة، فيمكن أن نشاهد المدينة والبحيرة خلال الثغرات التى بينها، ونكاد لا نتصور كيف يقاسى الناس هناك من شدة الحر.

وتستمر سفينتنا فى الصعود حتى تصل إلى علو ٨ كيلومترات، أو ما يقارب ارتفاع أعلى قمم جبال الأرض، ونهمس فى أنفسنا: «ليس بالعجيب أن يغطى جبل بلانك وجبل أفرست بالجليد طوال العام»، ذلك لأن درجة حرارة الجو من حول السفينة لا تتعدى ٢٠ درجة تحت الصفر، كما أنها آخذة فى الهبوط بانتظام. وتعلو تلك الطبقة من الغلاف الهوائى فوق مناطق تكوّن السحب وإثارة العواصف على الأرض بأسرها. ولكن لا تزال بعض الدوامات البيضاء تنتشر فوق رءوسنا عبر السماء على هيئة نسيج العنكبوت، إلا أننا سرعان ما سنمر بها ونعلو فوقها.

وتمر فى مخيلاتنا ذكريات أولئك الذين تسلقوا قمم الجبال العالية حاملين معهم على ظهورهم أجهزة التسجيل من أجل أعمال الكشف والتنقيب، ومن بينها تسجيل درجات الحرارة على تلك الارتفاعات الشاهقة. وتذهلنا شجاعة أولئك الرجال، ونقدر مدى الأخطار والأهوال التى تعرضوا لها، ونذكر الأرواح التى زهقت فى ميدان البطولة والصبر الذى لا حدّ له. أما طريقتنا نحن فى الكشف فهى طريقة أسهل ولا شك. إننا فى لحظات قصيرة نستطيع التحليق فوق تلك الأبعاد التى لم يبلغها أولئك الرجال إلا بشق الأنفس بعد أيام متوالية أو أسابيع كاملة.

وتلك لحظة نكون فيها قد بلغنا علوًّا دونه ارتفاع أعلى جبال الأرض قاطبة. وتدل الأرصاد التى تسجلها أجهزتنا على هبوب رياح عاصفة هوجاء من حولنا، نظرًا لدخولنا منطقة تيار الهواء العلوى الدافق الذى يعرف علميًّا باسم «التيار النفاث» أو «الجيت ستريم»، والذى تصل فيه سرعة الرياح حدود ٣٠٠ من الكيلومترات فى الساعة. أما على الأرض فإننا اعتدنا أن نطلق على الرياح التى تهبّ بسرعة ١٢٠ كيلومترا فى الساعة أو أكثر اسم النكباء «هاريكين» لعظم ما تحدث من دمار. وبديهى لو أن الرياح العليا الدافقة هذه هبت على سطح

الأرض برهة وجيزة لما تركت عليه من شيء ولغيرت معالمه.

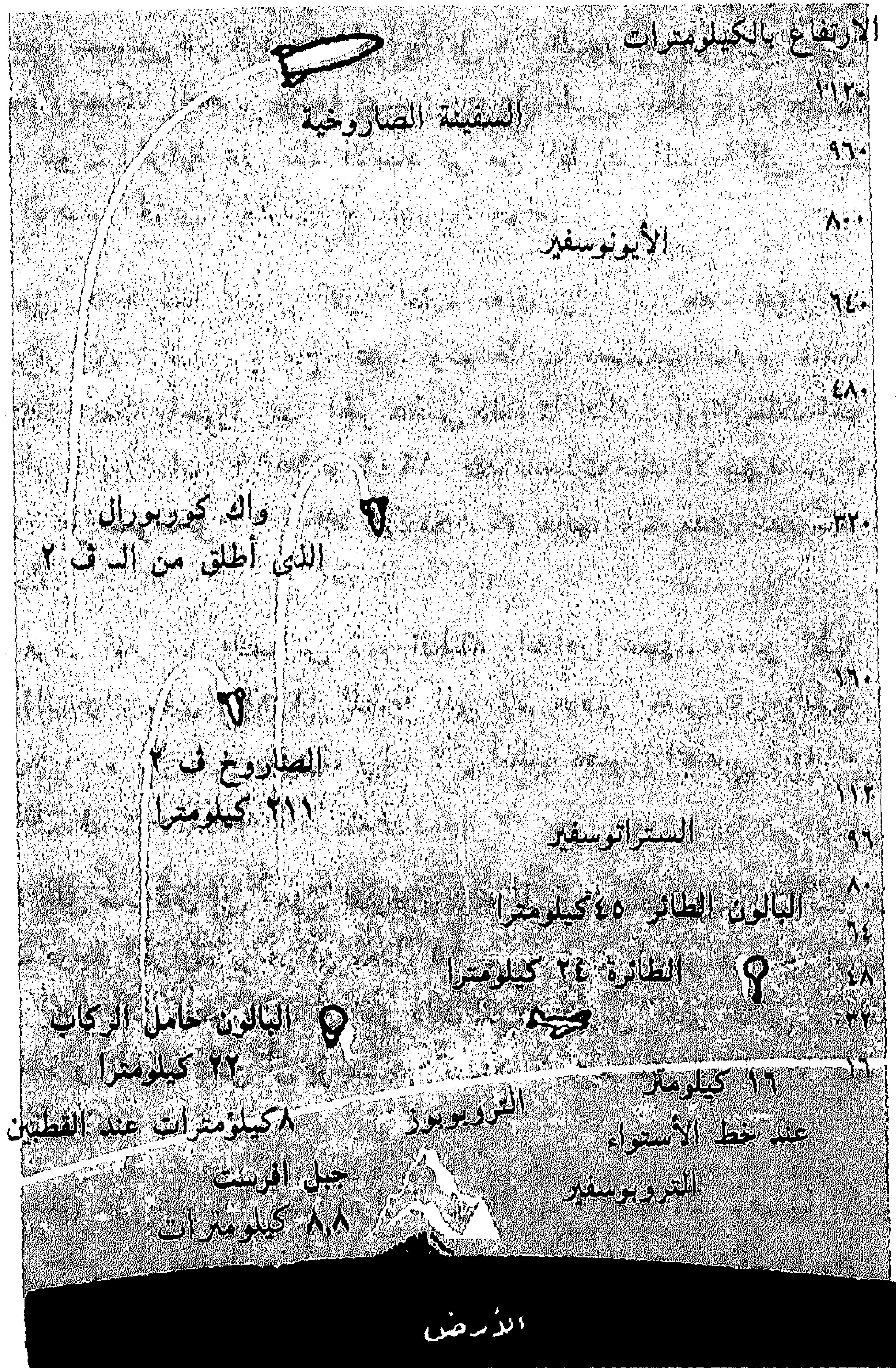
ونستمر فى الصّعود، ونصل إلى علو ١٣ كيلومترا، وعندها نجد أن الرياح قد هدأت فجأة، وأن درجة الحرارة قد بلغت ٥٥ درجة تحت الصفر. ونتساءل: «إلى أى مدى سيستمر هبوط درجة الحرارة على هذا النحو؟». ونراقب أجهزتنا بدقة وعناية، ويتملكنا العجب عندما نجد أن درجة الحرارة تظل ثابتة بعد ذلك. إن ظاهرة ثبوت الحرارة على تلك الأبعاد هى من الظواهر البديعة التى كشف عنها علم الرصد الجوى الحديث أو علم الأجواء.

وحتى بداية هذا القرن كان العلماء يعتقدون أن درجة الحرارة تتناقص باستمرار إلى نهاية الجو من أعلى، وكم كانت دهشتهم كبيرة عندما بينت البالونات المعدة بأجهزة رصد الجو عكس ذلك لما أطلقت إلى طبقات الجو العليا فوق أوربا بين عامى ١٨٩٩ و ١٩٠٢، فقد سجلت تلك الأجهزة ثبوت درجة الحرارة على علو نحو ١٢ أو ١٣ كيلومترا، مع بقائها ثابتة مدى عدة كيلومترات بعد ذلك.

ويعرف كثير من الطيارين تلك الطبقة واعتادوا عليها، ونحن نطلق عليها اسم (الستراتوسفير)، إلا أن الطبقة التى تهم معظم الناس هى الطبقة الدنيا المعروفة باسم (التروبو سفير)، وذلك لأن أغلب فصول الطقس وتقلباته المثيرة إنما تمثل فى هذه الطبقة الأخيرة.

وننطلق مسرعين إلى أعلى، مخترقين طبقة الستراتوسفير وقد اطمأنت نفوسنا لثبوت درجة الحرارة، برغم أن معدل ٥٥ درجة تحت الصفر هو عين الزمهرير. والحق أنه لم يكن يخطر ببالنا أن مثل ذلك البرد القارس الذى يحاكى برد المناطق المتجمدة فى الشتاء يمكن أن يوجد على مسافة لا تزيد على ١٢ أو ١٣ كيلو مترًا فوق كليفلاند.

ونحلق على علو ٢٥ كيلو مترًا، فنرى السماء المظلمة التى وصفها الأسبقون الذين حلقوا فى بالوناتهم إلى أعالى الجو. وترتعد فرائصنا لمنظرها وهى مليئة بالنجوم التى تبدو واضحة جلية وسط النهار. وتتساقط أشعة الشمس على سفينتنا حرة طليقة، ونرى إكليل الشمس كاللؤلؤ الذى يغلف قرصها الوهاج، وهو منظر لم نكن نراه على سطح الأرض إلا فى حالات الكسوف لأن هواء تلك البقاع يبلغ



جو الأرض كما يمكن أن يرى من سفينتنا الصاروخية

من الخفة درجة لا تمكنه من تكوين قبة زرقاء وإخفاء معالم النجوم وإكليل الشمس، وهو المعروف علميا باسم (الكورونا).

ونستمر صاعدين خلال طبقة الستراتوسفير، ومرة أخرى نتعرض لخبرة لا قبل لنا بها: فعلى علو نحو ٥٠ كيلومترًا ترتفع درجة الحرارة من جديد. وقد وجد العلماء أن درجات حرارة تلك الطبقات قد تربو فى بعض الحالات على النهايات العظمى لدرجات الحرارة التى تتعرض لها الطبقات السطحية فى أشد أيام الصيف قيظًا. ولطالما حيرت هذه الظاهرة فريق العلماء المختصين؛ إذ كان المتوقع أن تنخفض درجة حرارة الجو كلما اقتربنا من قمته، حتى حدث ما بلبل أفكارهم فى هذا الصدد. ففى عام ١٩٠١ عندما ماتت الملكة ڤكتوريا ملكة إنجلترا، تضمنت الشعائر الجنائزية إطلاق بعض المدافع الضخمة، فكان دويها يسمع على مسافات قريبة وأخرى بعيدة، بينها مسافات لا يسمع فيها شىء، أى مناطق صماء (سكون). وعندما تساءل الناس عن سبب تكوين المناطق الصماء هذه لم يجدوا لها جوابًا مقنعًا، ولكن بعد أن درس العلماء التقارير الخاصة بتلك الجنازة استنتجوا فيما بعد أن دوى المدافع الذى كان يسمع على مسافات بعيدة كان نتيجة لانحسار الصوت، أى ارتداد أمواجه وانحنائها خلال طبقة من الهواء الساخن تنتشر فى أعالى الجو.

وفى هذا العصر بددت أرصاد الصواريخ كل الشكوك التى كانت تحوم حول هذه الحقيقة، فقد ثبت بصفة قاطعة أن جو الأرض العلوى يدخر كميات من الحرارة بسبب وجود الأوزون الذى هو نوع من غاز الأوكسجين. فعندما تخترق أشعة الشمس فوق البنفسجية أوكسجين تلك المناطق تعمل على تكوين طبقة من غاز الأوزون* وإنه لمن حسن حظ أهل الأرض أن تتكون تلك الطبقة؛ إذ أنها تعمل على حمايتهم، فمن المعروف أن تعرضنا لكميات ضئيلة من الأشعة فوق البنفسجية يفيد أجسامنا، أما التعرض لكميات وفيرة منها فيؤدى حتمًا إلى الهلاك. وتحمينا طبقة الأوزون العليا من كثير من أخطار تلك الأشعة وتمنع عنا شرورها وغوائلها.

وعندما نقترب من قمة الستراتوسفير نجد أن درجة الحرارة قد أخذت

---

* يمتص هذا الأوزون جانبًا من الأشعة فوق البنفسجية القصيرة الأمواج، وتتحول هذه الطاقة إلى حرارة تدخرها تلك الطبقات من الهواء الجوى.

تنخفض مرة أخرى، حتى تنحدر على علو ٨٠ كيلو مترًا إلى حدود قيمتها فى طبقة الستراتوسفير الدنيا، ونتساءل: هل سيستمر انخفاض درجة الحرارة على هذا النحو بعد ذلك؟ كلا؛ إننا قد دخلنا منطقة السماء التى تنعكس منها أمواج اللاسلكى مرتدة إلى سطح الأرض، إنها طبقة الأيونوسفير - أو الطبقة المتأينة المليئة بالعجائب والمفاجآت.

وتعاود درجة الحرارة الارتفاع فيما بين ٨٠ و٩٦ كيلومترًا حتى تصل إلى معدلات كبيرة جدًا، فهل تتاح لنا فرصة تسجيل حرارة قيمتها ١٠٠٠ درجة برغم جواز ذلك لم يصل العلماء بعد إلى تفسير حقيقى لهذه الظاهرة، وقد يكون سببها امتصاص الأوكسجين لبعض أشعة الشمس القصيرة، إلا أن المسألة لم يتم حلها تمامًا، وكل الذى نعرفه أن تلك الحرارات* العالية لا يستجيب لها جو الأرض السفلى، لقلة كثافة الطبقات العليا بدرجة عظيمة.

والمفهوم ضمنا أن خلخلة الهواء (أو نقص كثافته وضغطه) هى عملية لا تنقطع باستمرار الصعود؛ وتصل كثافة الهواء على ارتفاع ١١٠ كيلومترات إلى أقل من جزء واحد من مائة ألف جزء من كثافته عند سطح الأرض، وكلما صعدنا إلى القمة وجدنا كثافات متناهية فى الصغر، حتى نصل إلى درجة تقارب درجة الانعدام بسبب تباعد جزئيات الهواء بعضها عن بعض بمسافات شاسعة.

ونستمر صاعدين حتى نصل إلى علو ٨٠٠٠ كيلومتر، وعند ذلك تكون سفينتنا قد أدركت أقصى علو يمكنها الوصول إليه، فتتناقص سرعتها، ثم تميل وتتجه مقدمتها نحو الأرض لنعود قافلين؛ وننظر إلى الأرض لنرى منظرها الرائع الخلاب الذى سوف يستمتع به رجل الفضاء فى المستقبل.

وتبدو لنا الأرض واضحة المعالم، بأحزمة جوها المختلف الصفات، ومناطق عواصفها المتباينة الشدة، تتحرك على سطحها. ونرى تلك الأحزمة مضيئة فى بعض الأرجاء ومكشوطة فى البعض الآخر، وذلك خلال امتدادها شرقًا وغربًا من حول الأرض. وقوام المنطقة الوسطى هو حزام الركود المعروف علميًا باسم (الدولدرمز)، ذلك الحزام الذى طالما قاست من قسوة ركود الرياح فيه السفن

* لا تؤثر هذه الحرارات العالية فى الأجسام المادية التى قد توجد فى تلك الطبقات بسبب خلخلة الهواء أو صغر مقادير الهواء الساخن إلى درجة تضاهى مراحل الانعدام، ولهذا كثيرًا ما يعبر العلماء عن هذه الحرارات بأنها حرارات حركية.

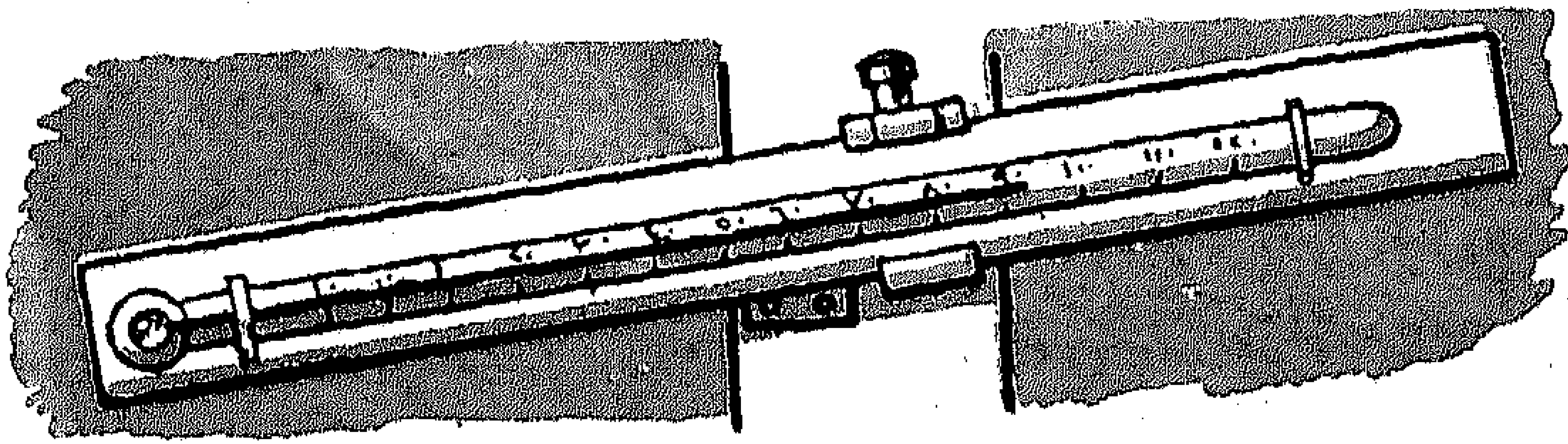


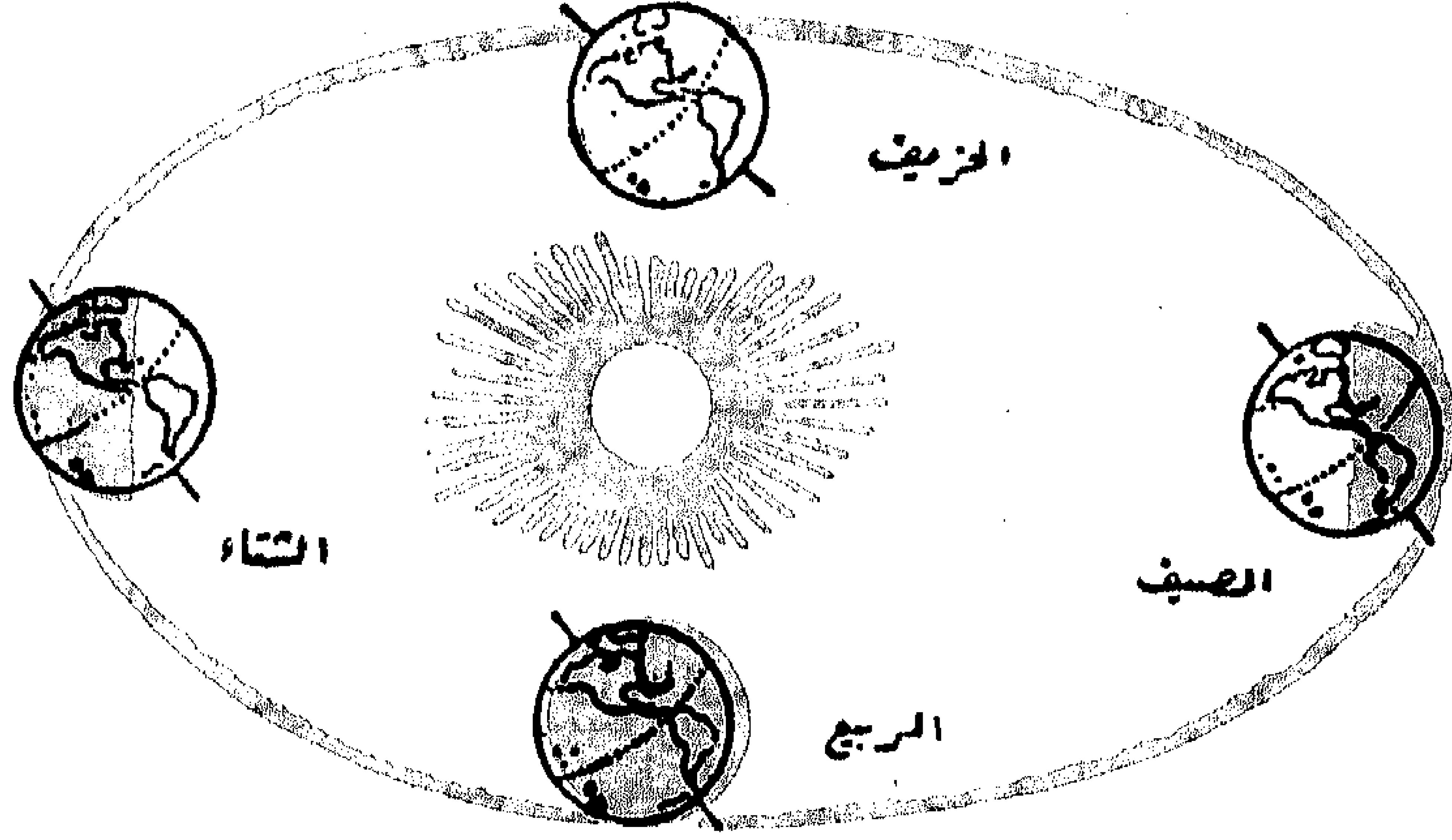
أحزمة الجو المختلفة كما تبدو من علو ٨٠٠٠ كيلو متر فوق الأرض

الشراعية، التى كانت تعبر المحيطات فى العصور الماضية. وحيثما تعكس السحب المنعقدة فى السماء أضواء الشمس يبدو لنا هذا الحزام أبيض اللون، كما تظهر على جانبيه أحزمة الرياح التجارية التى تثير بعض السحب المتناثرة فوق القارات، أما على المحيطات فإن هذه الأحزمة الهوائية تبدو فى صورة قطاعين مظلمين. وهناك على مسافات نائية من خط الاستواء نلمح بعض المساحات الواسعة البيضاء، ونعرف أنها مناطق قد تولدت فيها العواصف.

ونظرًا لأننا فى صيف نصف الكرة الشمالى كما قدمنا، يتجه القطب الشمالى للأرض نحو الشمس، ونستطيع أن نتبين نقص كميات الثلج والجليد فى أقصى الشمال خلال هذا الموسم. أما أقصى الجنوب، حيث المناطق المتجمدة، فهو يكاد يختبئ عن أنظارنا خلف بروز الأرض عند خط الاستواء، ولولا ذلك لرأينا بوضوح وجود مساحة فسيحة بيضاء (من الثلج) فى ذلك الاتجاه.

وتزداد مساحة سطح الأرض كلما اقتربنا منها، وتتسع رقعتها، حتى لا نستطيع أن نميزها ككرة. وتقارب الرحلة النهاية، وسرعان ما نخترق نطاق السحب المثارة فى طبقات الجو القريبة من سطح الأرض، ثم نعود إلى كليفلاند ونقرأ درجة الحرارة فإذا بها لاتزال فوق ٣٢ درجة مئوية.





٤
الشمس والأرض والرياح

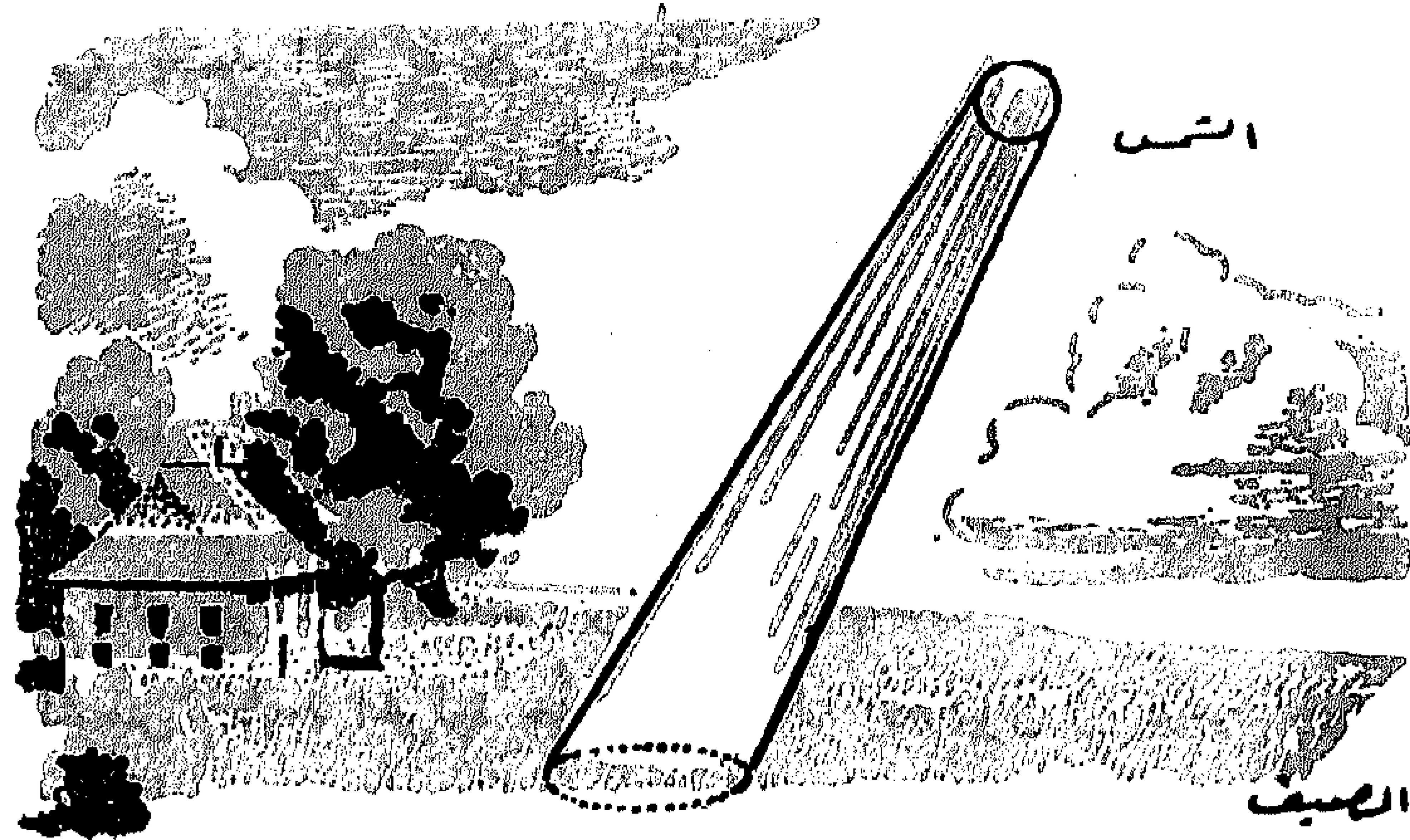
كثيرًا ما نقول: «إن كل شيء إنما يعتمد على الجو». ولكن فاتنا أن نعرف على أي شيء يعتمد الجو نفسه، أو لماذا يتقلب الجو على أية حال؟

ومن خلف أي جو نقاسي وطأته: من خلف أيام الصيف الحارة، أو أيام الشتاء الباردة، ومن خلف الرياح العاتية أو الأمطار الدافقة، ومن خلف العواصف الهوج، من خلف كل هذه الظواهر تختبئ الشمس التي لا تعتبر بمثابة مصدر حياتنا جميعًا فحسب بل ومصدر النشاط في جونا كذلك. ولكي نفهم علة هذا الأمر علينا أولا وقبل كل شيء أن نكوّن فكرة صائبة عن كميات الحرارة العظمى التي ترسلها الشمس في جميع الاتجاهات إلى أعماق الفضاء.

فالشمس عظيمة الحرارة جدًّا، ويقول لنا الفلكيون إن درجة الحرارة على سطحها الخارجي يلزم أن تقاس بآلاف الدرجات، أما في الداخل فلا سبيل إلى تقديرها إلا بملايين الدرجات، مما يفوق حد الوصف والخيال. وإنه لمن حسن حظنا حقًّا أن وجودنا على بعد ١٥٠ مليون كيلومتر من الشمس، وصرنا لا نتعرض

إلا لجزء يسير من الأشعة التى ترسلها. وكما يعرف كل فرد منا يدور كوكبنا حول هذه الشمس المرتفعة الحرارة جدًّا بسرعة فائقة، كما أنه يتم دورة كاملة حول محوره كل ٢٤ ساعة، وبذلك يتعرض كل جزء من سطح الأرض للشمس ثم يبتعد عنها فنقول إن الشمس تشرق وتغرب، إلا أن حقيقة هذه الظاهرة أو علتها هى دوران الأرض حول محورها. وينجم عن هذا الدوران اختلاف درجات الحرارة ما بين الليل والنهار، أى إنه يسبب بعض ما نعانى من تغيرات يومية فى الجو.

وهناك أيضًا التغيرات التى نعرفها تحدث بين الفصول، وهى الشتاء والربيع والصيف والخريف، فكيف تتم هذه التغيرات كلها؟ هناك عاملان أساسيان لتفسير هذه التغيرات، وبينما يرتبط العامل الأول منها بمدار الأرض حول الشمس، نجد أن العامل الثانى إنما يرتبط بالطريقة أو الكيفية التى يميل بها محور دوران الأرض حول نفسها. فمسار الأرض حول الشمس ليس صادق الاستدارة، كما أن الشمس ذاتها ليست فى مركز هذا المسار تمامًا، مما جعل الأرض عندما تقترب من الشمس فى جزء معين من المسار تبتعد عنها فى الجزء المقابل له. ونحن قد يتبادر إلى أذهاننا أن اقتراب الأرض من الشمس لا يتم إلا فى الصيف، إلا أن الأمر على النقيض من ذلك تمامًا؛ ومن المدهش حقًّا أن هذا الاقتراب لا يحدث بالنسبة إلينا (أى فى نصف الكرة الشمالى مثلا) إلا فى الشتاء. فنحن

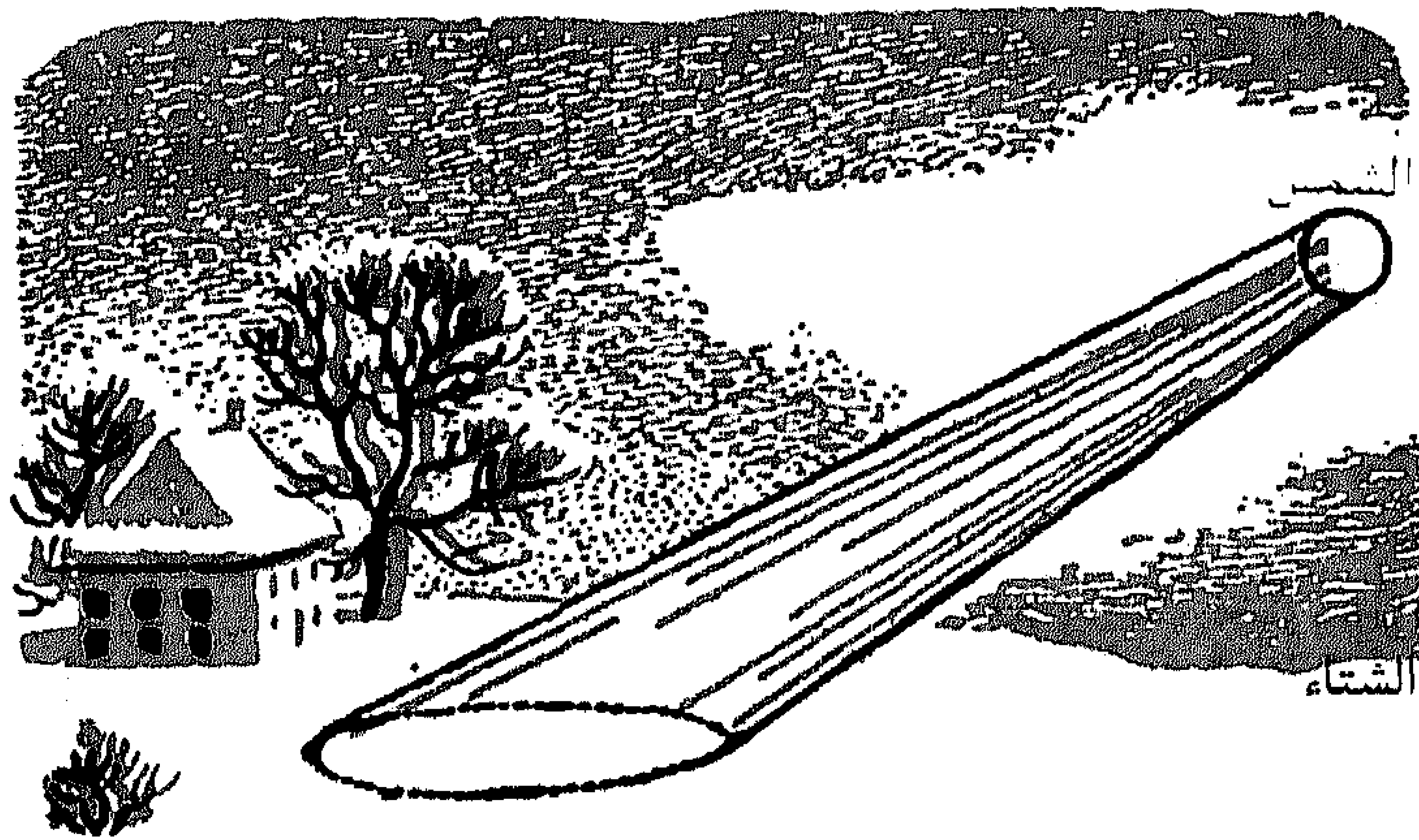


خلال الصيف تأخذ الشمس مساراً عالياً فى كبد السماء، وتتساقط أشعتها المباشرة فوق الرءوس

عندما يحل بنا الشتاء نكون أقرب إلى الشمس أو أقل بعدًا من بعدنا عنها خلال الصيف ولكن إذا كان الأمر كذلك فلماذا إذاً لا نجد الشتاء عندنا أدفأ أو أشد حراً من الصيف؟.

إن هذا الأمر كان يمكن أن يحدث لولا ميل محور الأرض، فليس من شك أنه لولا هذا الميل* لكان جو الشتاء عندنا أكثر دفئاً من جو الصيف، والذى يحول دون حدوث هذه الظاهرة هو ميل المحور الذى تدور حوله الأرض: فبينما يتجه قطبها الشمالى نحو الشمس خلال الصيف عندنا نجد أنه فى الشتاء - عندما تكون الأرض فى الجزء المقابل من المسار - يميل متباعدًا عنها، وهكذا نجد أنه بالرغم من وجودنا على مسافة كبيرة نسبيًّا من الشمس خلال الصيف تتساقط أشعتها المباشرة فوق الرءوس بوفرة وغزارة. أما فى فصل الشتاء فتصلنا هذه الأشعة مائلة فلا تحدث من الأثر والتسخين ما تحدثه أشعة الصيف المتعامدة* أو القريبة من التعامد.

أما فى الربيع والخريف فلا يتجه أى قطب من قطبى الأرض (أو طرفى محور الدوران) نحو الشمس أو بعيداً عنها، ولكنها يميلان إلى جنب. وبذلك نحصل على كميات من طاقة الإشعاع الشمسى أكبر من تلك التى نحصل عليها خلال الشتاء



توزع حزمة أشعة الشمس نفسها على مساحة أوسع لتسخنها فى الشتاء

* على المستوى الذى تسبح فيه من حول الشمس.
* المعروف علمياً أنه كلما تعامدت الأشعة الساقطة على السطح عظم أثرها الحرارى والعكس بالعكس.

وأقل مما نحصل عليه فى الصيف. وهذا هو أساس اعتدال الجو عمومًا فى فصلى الربيع والخريف كما هو معروف.

وثمة أمر آخر يحدث للأرض فى أثناء سبحها فى الفضاء، ذلك أن سطحها عندما ترتفع درجة حرارته نتيجة لامتصاص الإشعاع الشمسى ينشط ويبدأ بدوره فى إرسال أو رد جزء من طاقته الحرارية إلى الفضاء على هيئة إشعاع حرارى. وكذلك تكتسب طبقات الهواء السطحية جانبًا من حرارة الأرض، وهكذا تبدأ سلسلة كاملة من الحوادث أو الظواهر الجوية، وعلى رأسها جميعًا هبوب الرياح التى هى فى الواقع من أظهر العناصر أثرًا. وسوف نرى أن أصل الرياح يرجع أساسه إلى تسخين سطح الأرض بفعل الإشعاع الشمسى.

ومهما يكن من شىء فإنه بطبيعة الحال لم تتح لأحد منا فرصة رؤية الرياح رأى العين، إلا أننا ولاشك نستطيع أن نشعر بها أو نلمس آثارها عندما تنساب بشدة مثلا، فنمسك بأطراف ملابسنا مخافة اقتلاعها. ونحن نستطيع كذلك أن نشاهد تأثيرها فى الشجر عندما تهز أغصانه، وعلى البحر عندما تسوق أمواجه ونقف على شاطئه حذرين. وقد نستفيد من طاقة الرياح فنعمد إلى استغلالها باستعمال طواحين* الهواء، أو نتركها تدفع السفن الشراعية. وعندما نبنى البيوت العالية، أو نشيد الجسور «الكبارى» الضخمة نحسب حساب دفع الهواء لها، ولكننا برغم هذا كله لا نرى الهواء.

فما هو هذا الهواء إذن؟ وماهى تلك القوة الخفية التى يضغط بها على الأجسام ونسميها الرياح؟ إن التعريف العلمى للرياح هو الهواء المتحرك. وكلما زادت سرعة تحرك الهواء تضاعفت القوة التى يدفع بها الأجسام،ولكن ما الذى يحمل الهواء على التحرك؟

الحق أن هذا السؤال لا يمكن الإجابة عليه باختصار فى كلمة واحدة، أو حتى فى جملة. فنحن قد نستطيع البدء فى الإجابة بقولنا: إن اليابس والماء ومن ثم الهواء الملاصق لهما، لا يتم تسخينهما ولا تبريدهما بمعدل واحد. فسطح الأرض اليابس سرعان مايبرد، وسرعان ما يسخن كذلك تحت تأثير عاملى التبريد

* يتعدد استعمالها فى عدة جهات من مصر، خصوصاً الشاطئ الشمالى.

والتسخين. أما الماء فهو على العكس من ذلك، لايبرد ولا يسخن إلا ببطء. ومعنى ذلك أن الشمس عندما ترسل أشعتها إلى سطح الأرض ترتفع حرارة اليابس وتصل إلى درجات أكبر بكثير من درجات حرارة الأسطح المائية، وبذلك يصير الهواء الذى يعلو اليابس أسخن بكثير من هواء البحر. والمعروف أن الهواء عندما يسخن يتمدد (أي يزداد حجمه) وتقل كثافته كثيرًا بازدياد المسافات التى تفصل ما بين جزيئاته. أما الهواء البارد فهو كثيف نسبيًا، إذ تتكدس جزيئاته بعضها جنب بعض، وهكذا يوجد فرق فى توزيع الضغط الجوى*؛ إذ يصبح الهواء البارد أكبر ضغطًا من الهواء الساخن، وتحت تأثير فروق الضغط هذه يندفع الهواء أو يتحرك فى صورة رياح.

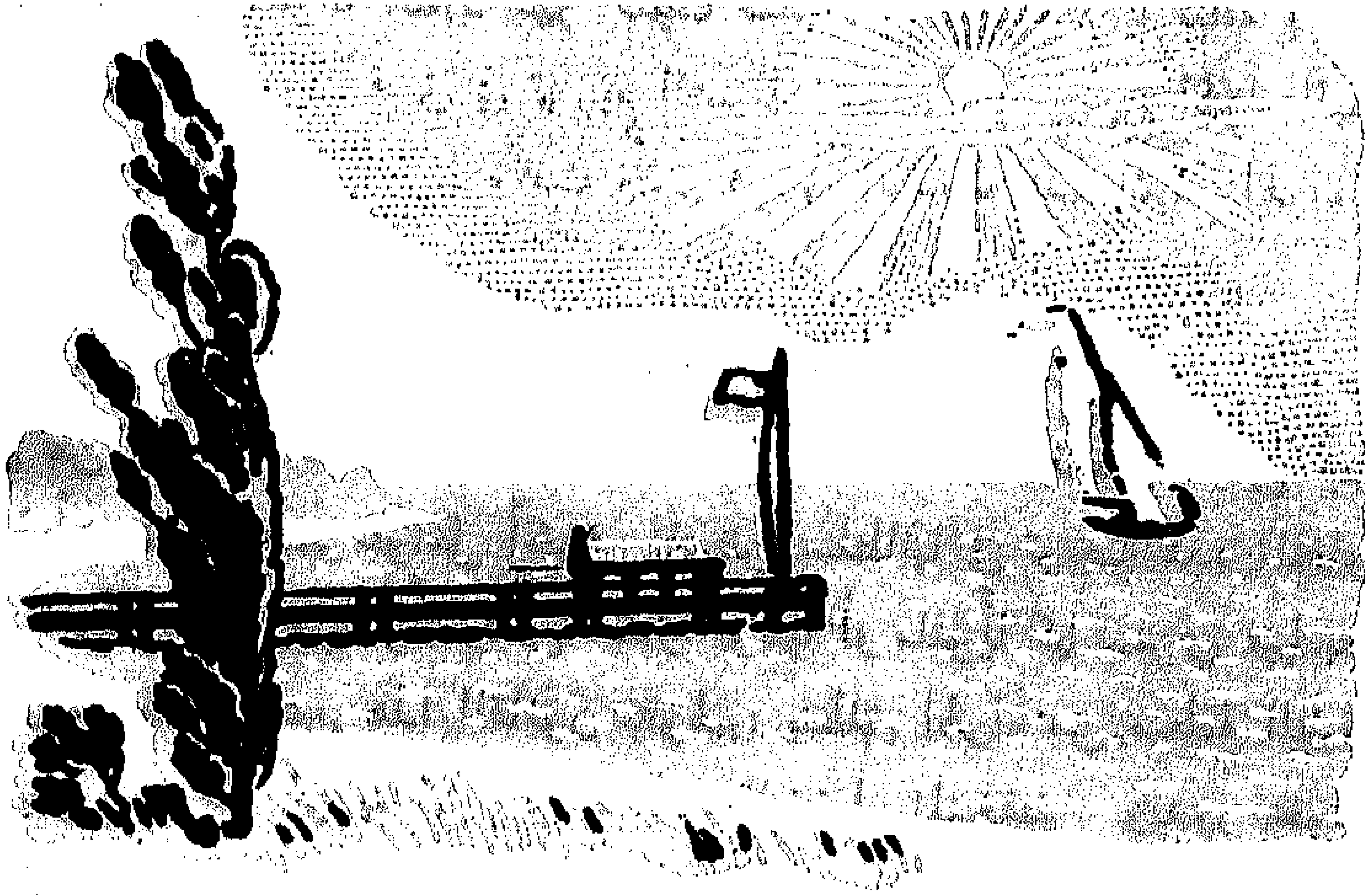
ويقول قانون الرياح فيما يقول: يحاول الهواء القريب من سطح الأرض الانطلاق من مناطق الضغط العالى إلى مناطق الضغط المنخفض. وهى مجرد محاولة، إذ أن هنالك عدة عوامل أخرى تفرض سلطانها فى توجيه هذه المحاولة فلا يأخذ الهواء مساراً مباشراً، ولكن مساراً لولبيًا أو ملتويًا كما سنرى فيما بعد. ويعبر خبراء الطقس عن هذا القانون بقولهم: ينطلق الهواء من منطقة الضغط العالى ويدور حولها، كما يتدفق إلى منطقة الضغط المنخفض ويدور حولها.

ولعل أول الناس استفادة من هذه الظاهرة أهل السواحل. إنهم عندما يشتد بهم قيظ الصيف يهبّ عليهم نسيم البحر العليل البليل خلال النهار حينما يكون هواء البحر بارداً نسبياً إذا ما قورن بالهواء الذى على الأرض. والذى يحدث فى مثل هذه الحالات عادة أن يصعد هواء الأرض الساخن إلى أعلى ويحل محله الهواء البارد من البحر. وغالبًا يستمتع بنسيم البحر هذا، الناس الذين يعيشون داخل البلاد إلى مسافة ١٥ كيلومتراً من البحر. وقد تمتد هذه المسافة إلى ٣٠ أو ٥٠ كيلومتراً فى كثير من الحالات. ويحدث العكس تماماً فى أثناء الليل عندما يبرد اليابس بمعدل أكبر من معدل برودة سطح الماء، ولذلك يهب تيار هوائى من الأرض إلى البحر خلال ساعات الليل أو فى الصباح الباكر.

وتمثل قصة مماثلة على نطاق أوسع كذلك عندما ترتفع درجات الحرارة داخل القارات فى الصيف وتصل إلى مستويات تفوق بكثير مستويات درجات الحرارة على المحيطات المجاورة، فينساب الهواء من البحر إلى الأرض. ويتم العكس تمامًا

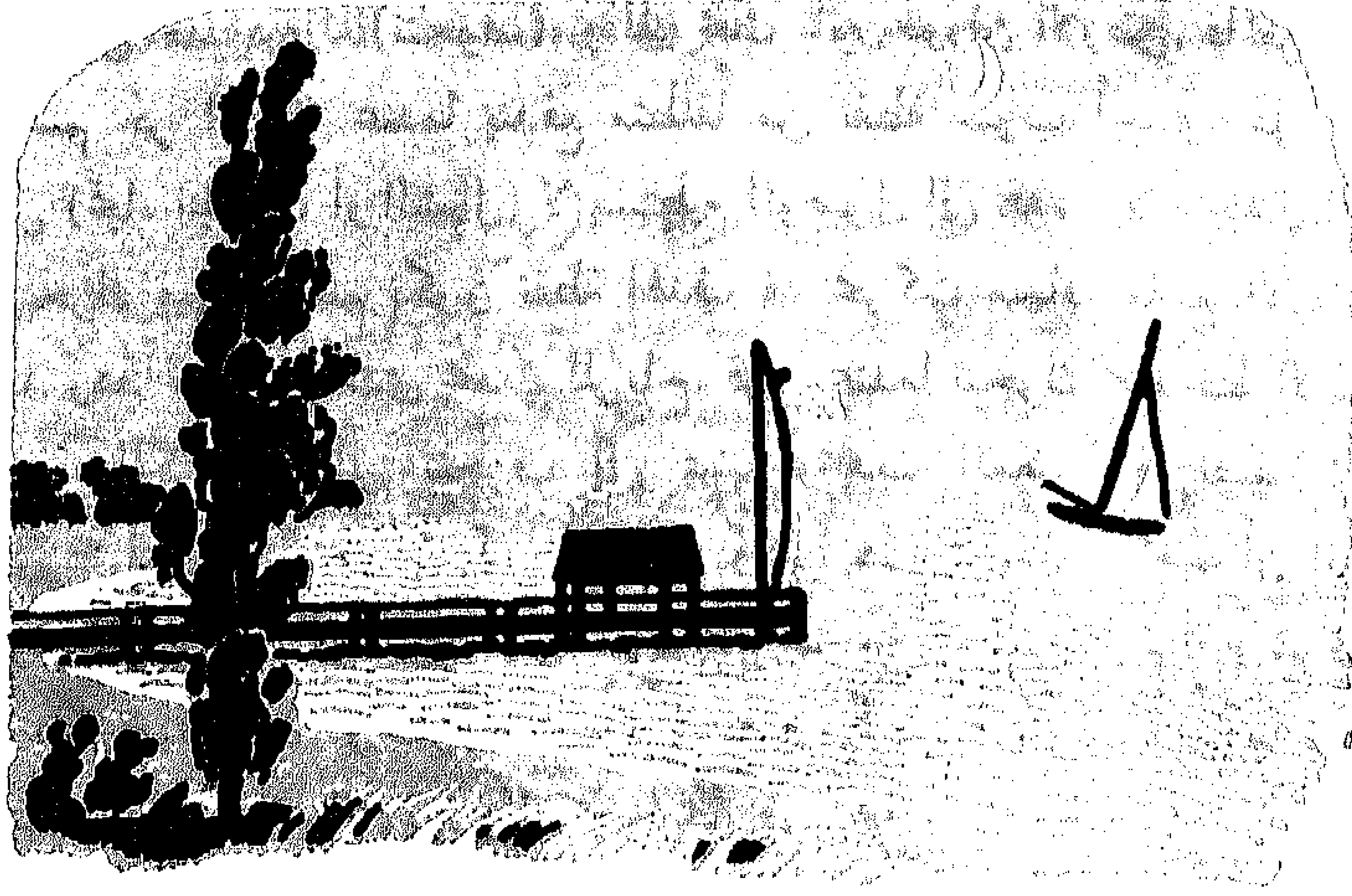
* يتناسب الضغط تناسباً طردياً مع الكثافة، بمعنى أنه يزداد بازديادها أو يقل تبعاً لنقصها.

فى فصل الشتاء، إذ يزحف هواء القارات البارد إلى البحار فى الطبقات السطحية، وهذا هو عين الذى يحدث فى تكوين الرياح الموسمية، ومنها الرياح الموسمية التى تهب على آسيا، والتى تقبل فى الصيف حارة رطبة تحمل معها أبخرة المحيط، وتخرج فى الشتاء من داخل القارة باردة جافة.



يهب عادة نسيم البحر البارد فى أثناء النهار

والشمس هى مصدر الطاقات من وراء كل هذا. وتنشأ دورة الرياح بما تسبب من اختلاف فى تسخين الماء واليابس، وكذلك لاعتبارات أخرى. وهكذا تتولد الرياح العامة التى تهب بانتظام فوق مساحات واسعة من سطح الأرض. وتختلف الدورة العامة هذه بعض الشىء من موسم إلى آخر. وكذلك تلعب حركات الأرض الجبارة دورها فى هذا الشأن. فالأرض عندما تسارع فى مسارها بمعدل قدره ٢٨,٨ كيلومتراً فى الثانية، وكذلك عندما تدور حول محورها بسرعة تصل إلى ١٦٠٠ كيلومتر فى الساعة عند خط الاستواء، يحدث أن تغير الشمس مسارها الظاهرى – أو الدائرة التى ترسمها كل يوم – فى السماء. ويتقلب جو الأرض (أو هو يحرَّك) نتيجة للتغيرات الحرارية الناجمة عن هذه الحركات، فتهب الرياح بلطف تارة وبعنف قد يصل إلى قوة العاصفة تارة أخرى.



ويبدأ هبوب نسيم البحر خلال ساعات الليل

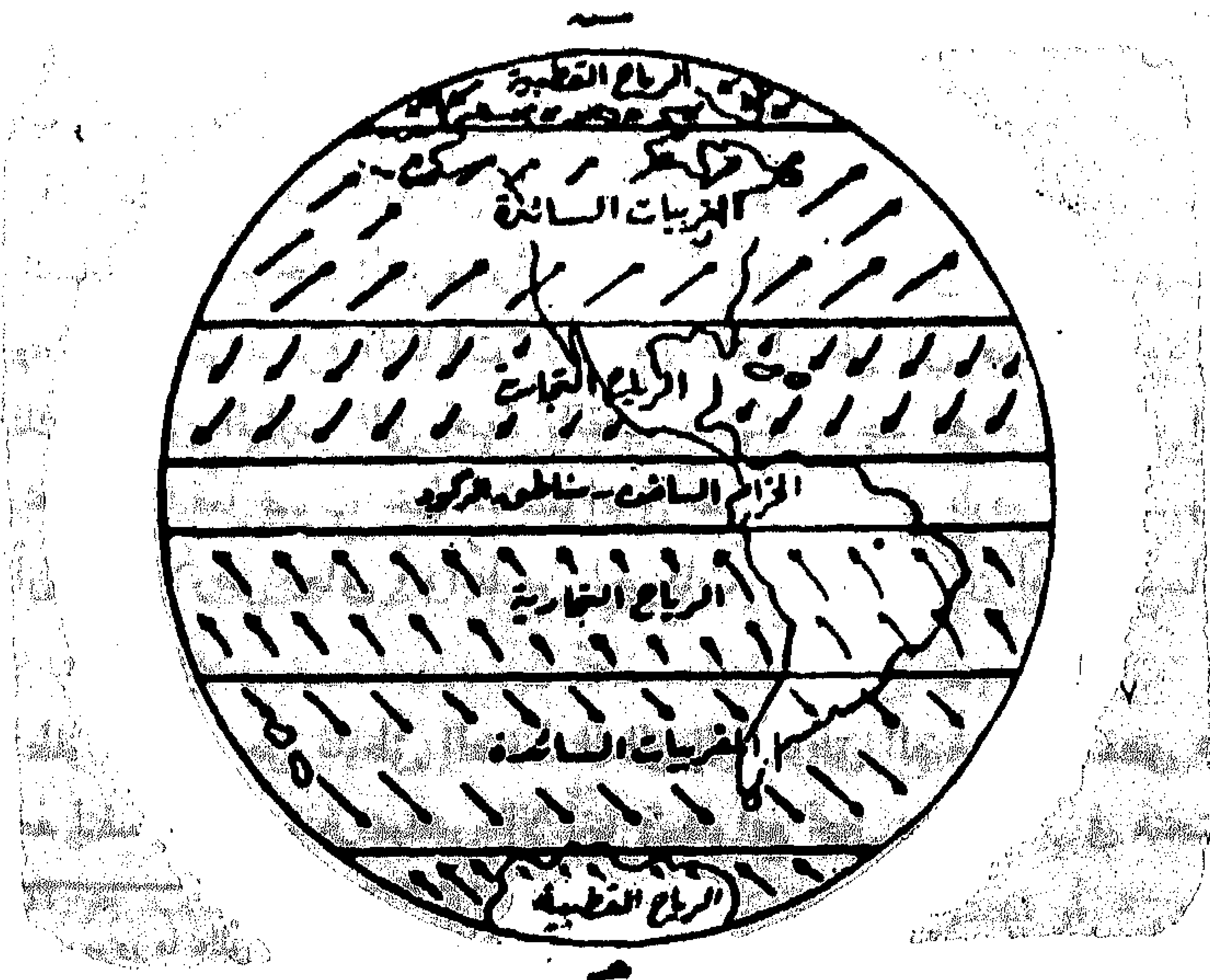
ويصعد الهواء الساخن الذى يوجد فى حزام درجات الحرارة العالية الذى من حول خط الاستواء، وذلك تحت دفع تجمع الأهوية الباردة تسبباً المقبلة من الشمال والجنوب على جانبى الحزام فى صورة تيارات هوائية عظمى منتظمة هى الرياح التجارية. وعلى مسافات نائية من خط الاستواء توجد أحزمة الغربيات السائدة، حيث تنساب الرياح تجاه الشرق وإلى القطبين. ويقع كثير من البلاد فى مهب هذه الرياح، وهى تتميز بوفرة التقلبات* الجوية واعتدال الجو إلى حد كبير. وتأتى من بعد ذلك المناطق الباردة التى تحيط بالقطبين حيث يوجد الهواء الكثيف الثقيل الذى يخرج مندفعًا صوب خط الاستواء فى صورة تيارات باردة شرقية. وهكذا نرى أن جو الأرض يعانى أنواعًا من الحركات المستمرة، وأن الهواء ينساب فى دورات لا تنقطع.

وتنطلق الرياح من مناطق الضغط العالى إلى مناطق الضغط المنخفض محاولة أن تتخذ لنفسها خط سير مباشر، إلا أنها فى الواقع تجبر على السير فى منحنيات،

* بسبب مرور ما نطلق عليه اسم الانخفاضات العرضية المطرة. وتقع مناطق البحر المتوسط كذلك فى مهب هذه الرياح خلال الشتاء، عندما تندفع دورة الرياح العامة صوب الجنوب متبعة فى ذلك الوضع الظاهرى للشمس فى شتاء نصف الكرة الشمالى.

أى إنها على حد تعبيرنا (تنحرف)، وذلك تحت تأثير دوران الأرض. فالمعروف أن أى جسم حر الحركة عندما يندفع منطلقاً من نقطة صوب أخرى على سطح الأرض (تجاه الجنوب أو الشمال) لا يستطيع الوصول إلى هدفه، لأنه خلال الفترة التى يتحرك فيها الجسم تكون نقطة الهدف قد تحركت مسافة ما مع الأرض فى دورانها. وهذا هو عين الذى يحدث للرياح. فهى عندما تتحرك تجاه خط الاستواء فى نصف الكرة الشمالى تنحرف إلى يمينها ويحدث العكس فى نصف الكرة الجنوبى - أى إنها تنحرف إلى اليسار- وعلى هذا الأساس نجد أن الرياح التجارية مثلاً - لا يمكن أن تكون شمالية أو جنوبية تماماً، وإنما شمالية شرقية فى نصف الكرة الشمالى، أو جنوبية شرقية فى نصف الكرة الجنوبى، أى إنها تنحرف إلى يمينها فى الحالة الأولى وإلى يسارها فى الحالة الثانية.

ولكن هذا الذى قدمناه لا يعدو فى جملته كونه جزءاً من القصة، فالهواء لا يتحرك دائماً بالسرعة نفسها، وقد تشبه حركته بحركة سيلان الماء من مستوى إلى آخر. فكلما زاد الفرق بين المستويين زادت سرعة اندفاع الماء. ويحدث المثل

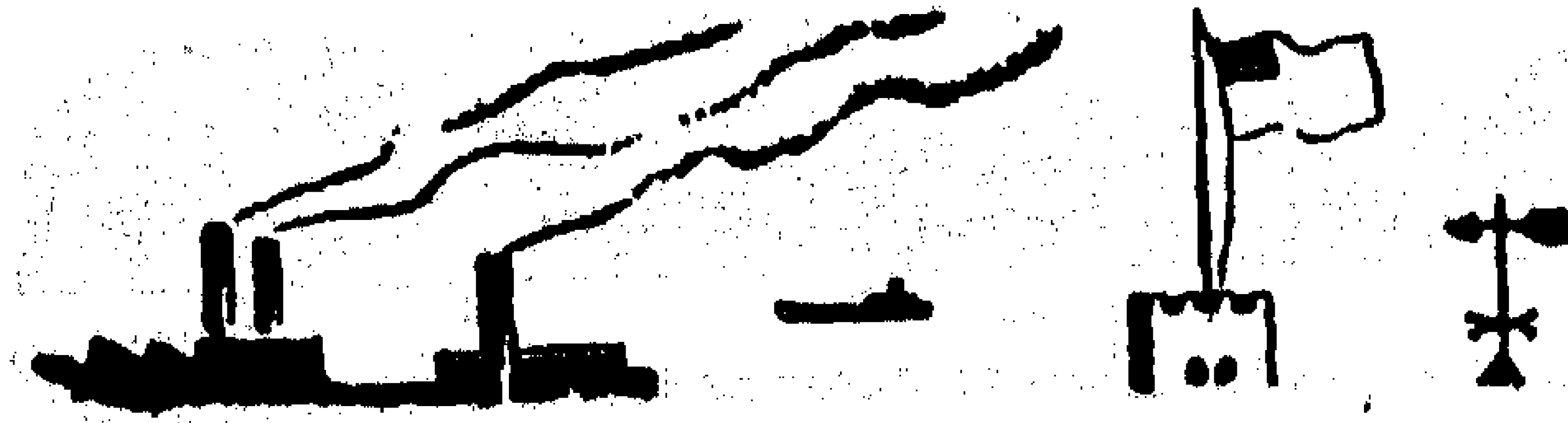


تكاد تهب الرياح بانتظام فى أحزمة عظمى من حول الأرض

مع الرياح؛ إذ نجد أنه كلما زاد الفرق بين الضغط العالى والضغط المنخفض* انطلق الهواء بسرعة أكبر.

وهل في مقدورنا أن نقيس سرعة الرياح؟

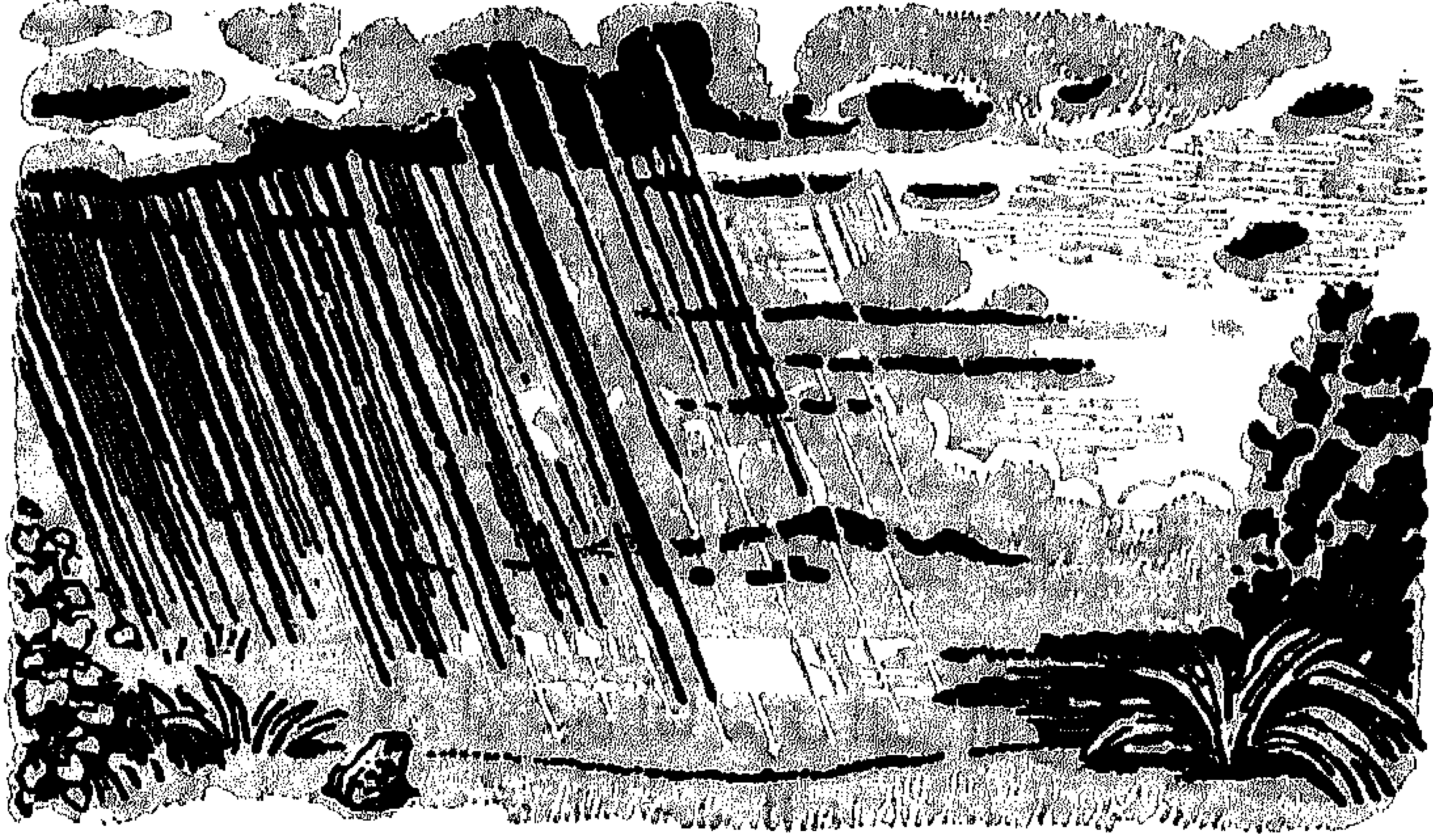
نعم، وحتى يمكننا ذلك بدون استخدام أجهزة. وليس علينا إلا أن نستخدم بصرنا، لأن الهواء المتحرك إنما يضغط على الأجسام التى تعترض سبيله. ونحن نستفيد من هذه الظاهرة فى إدارة طواحين الهواء ودفع السفن الشراعية، وفى تعيين اتجاه الرياح إذ نعمد إلى تثبيت دوارة الرياح أعلى المبنى أو على شاخص، وعندما تهب الرياح عليها يأخذ السهم اتجاهاً خاصاً مشيراً بذلك إلى الاتجاه الذى تقبل منه الرياح ولا تقيس لنا دوارة الرياح السرعة بطبيعة الحال، ولكن لما كان الهواء المتحرك يضغط على الأجسام التى تعترض سبيله، فإنه فى مستطاعنا أن نقيس سرعة الرياح على وجه التقريب باستخدام هذه الظاهرة، وكل الذى نتطلبه هو أن ننظر من خلال النافذة ونرصد تأثير الرياح فيما يحيط بنا من أجسام على



* وهو ما يسمى علمياً بكبر الانحدار أو الميل فى الضغط.

مسافات واسعة. وهناك مقياس يعيننا على تقدير السرعة، وكان أول ما استخدم هذا المقياس فى أعمال الملاحة البحرية، ثم عمم استخدامه على الأرض. وفيما يلى صورة مبسطة له، وإنه لمن المستحسن أن تنقله وتحاول استخدامه عندما تخرج فى رحلة أو نزهة مثلاً.

الأثر الذى تحدثه الرياح	كيلومتر فى الساعة	التسمية أو نوع الرياح
يصعد دخان المداخن رأسياً، وتنطوى الأعلام.	صفر	ساكنة
ينحرف الدخان قليلاً بحيث يتعين اتجاه الرياح بحركة الدخان.	١,٦ – ٤,٨	هادئة
يشعر الإنسان بحركة الرياح على وجهه تخشخش أوراق الشجر.	٦,٤ – ١١,٢	نسيم خفيف
تتحرك أوراق الأشجار باستمرار، وتنشر الرياح الأعلام الصغيرة.	١٢,٨ – ١٩,٢	نسيم منعش
تتمايل الأغصان الصغيرة، وتبدأ إثارة الرمال والأتربة.	٢٠,٨ – ٢٨,٨	نسيم معتدل
تهتز الشجيرات.	٣٠,٤ – ٣٨,٤	نسيم قوى
تهتز فروع الشجر الكبيرة، ويسمع صفير الأسلاك، أو يصعب مسك المظلات.	٤٠ – ٤٩,٦	شديدة
تهتز الأشجار بأكملها، ويصعب السير ضد الرياح.	٥١,٢ – ٦٠,٨	عاصفة معتدلة
تكسر الأغصان، ويكاد يتعذر المشى عموماً.	٦٢,٤ – ٧٣,٦	عاصفة
تلف بسيط للمبانى، وتكسير للأغصان الكبيرة	٧٥,٢ – ٨٦,٤	عاصفة شديدة
يقلع الشجر من جذوره، وتهشم النوافذ	٨٨ – ١٠٠,٨	عاصفة هوجاء
تتلف مساحات واسعة من المبانى	١٠٢,٤ – ١٢٠	زوبعة
دمار عام.	أكثر من ١٢٠	إعصار



٥
يوجد فى الهواء ماء

من أين يجىء المطر ؟

حيرّ هذا السؤال الناس منذ القدم، وفسره البعض فى العصور القديمة بأن الماء إنما يوجد أعلى السماء. ولكن كيف أمكنه أن يظل عالقاً هناك ؟ لقد قيل إن هذا الأمر من خصائص إله السموات، وإن المطر ينساب من نوافذ فى القبة الزرقاء عندما تفتح هذه النوافذ.

ورأى الأقدمون المطر يتساقط ويجرى فى الجداول والروافد التى تصب فى الأنهار. كما رأوا الأنهار تصب بدورها فى المحيطات، إلا أنهم لم يعرفوا مصدر الماء فى السحاب، وهكذا بدا لهم أنه بمضى الوقت سوف يتجمع كل الماء فى الأنهار والمحيطات وينضب معين السحب وينقطع المطر ! ولم يكن حظ قدماء المصريين من المطر وفيراً، وأسعدهم أن يعتمدوا على ماء النيل، وادعوا أن الشعوب التى كانت تعتمد على ماء المطر سوف تحل بهم كارثة الجفاف إن عاجلاً أو آجلاً. ولقد فاتهم أن الماء إنما يتبخر ويصعد إلى السماء. ونحن نقول إن الماء يجف، عندما يحدث ذلك

يتحول إلى غاز غير مرئى تحمله الرياح إلى أعلى كما تنقله إلى أماكن نائية. وبطبيعة الحال لم يفطن الأقدمون إلى هذا الأمر لعدم إمكانهم رؤية الغاز.

ونحن عندما تحدثنا عن مجموعة الغازات التى يتكون منها الغلاف الهوائى لم نذكر شيئاً عن بخار الماء، إلا أن طبقات الجو السفلى تحتوى على هذا البخار- طبقة التروبوسفير كما يسميها رجال الرصد الجوى. وقد تصل نسبة بخار الماء العالق فى هذه الطبقات إلى خمسة فى المائة من حيث الحجم، إلا أن المعتاد أن تنقص النسبة عن ذلك كثيرًا. واللفظ الذى نعبر به عن كمية بخار الماء هذه هو كلمة «رطوبة».

ولعله من اليسير الآن أن نتبين أننا نعرف السر الذى يرتفع به الماء إلى السماء، ولقد شاهد كل فرد كيف يمكن أن نصنع البخار، فعندما يغلى الماء فى براد الشاى يتسرب البخار منه بغزارة مكوناً سحابة صغيرة فى المطبخ، لا تلبث أن تختفى سريعًا وهى فى طريقها إلى السقف، ومعنى ذلك أن البخار الكثيف قد تحول إلى غاز غير مرئى هو بخار الماء العادى.

والواقع أنه ليس من الضرورى أن نعمد إلى تسخين الماء فوق النار من أجل تحويله إلى غاز، فالماء دائب التحول إلى بخار حتى ولو لم يسخن، وإذا ما تركنا بعض الماء معرضاً للهواء فى إناء ما فترة من الزمن يجف الماء تدريجيا، وكذلك تجف الملابس المبتلة عندما ننشرها فوق الحبال. وفى جميع هذه الحالات وأمثالها يصعد الماء فى الجو على هيئة غاز*.

ونحن نطلق على هذا التغير اسم (البخر). ويحدث البخر من شتى الأسطح المبتلة، ومن التربة، ومن النبات، ومن أجسامنا، ومن الأنهار، والبحيرات، والبحار، والمحيطات. يستمر صعود الغاز غير المرئى إلى أعالى الجو. وكلما اتسعت رقعة السطح الذى يحدث منه البخر عظمت كميات المياه المبخرة. ومما ينشط عمليات البخر أيضاً الرياح وزيادة سرعتها، فهى تعمل دائبة على إزاحة الأبخرة ليحل محلها هواء جاف بصورة مستمرة.

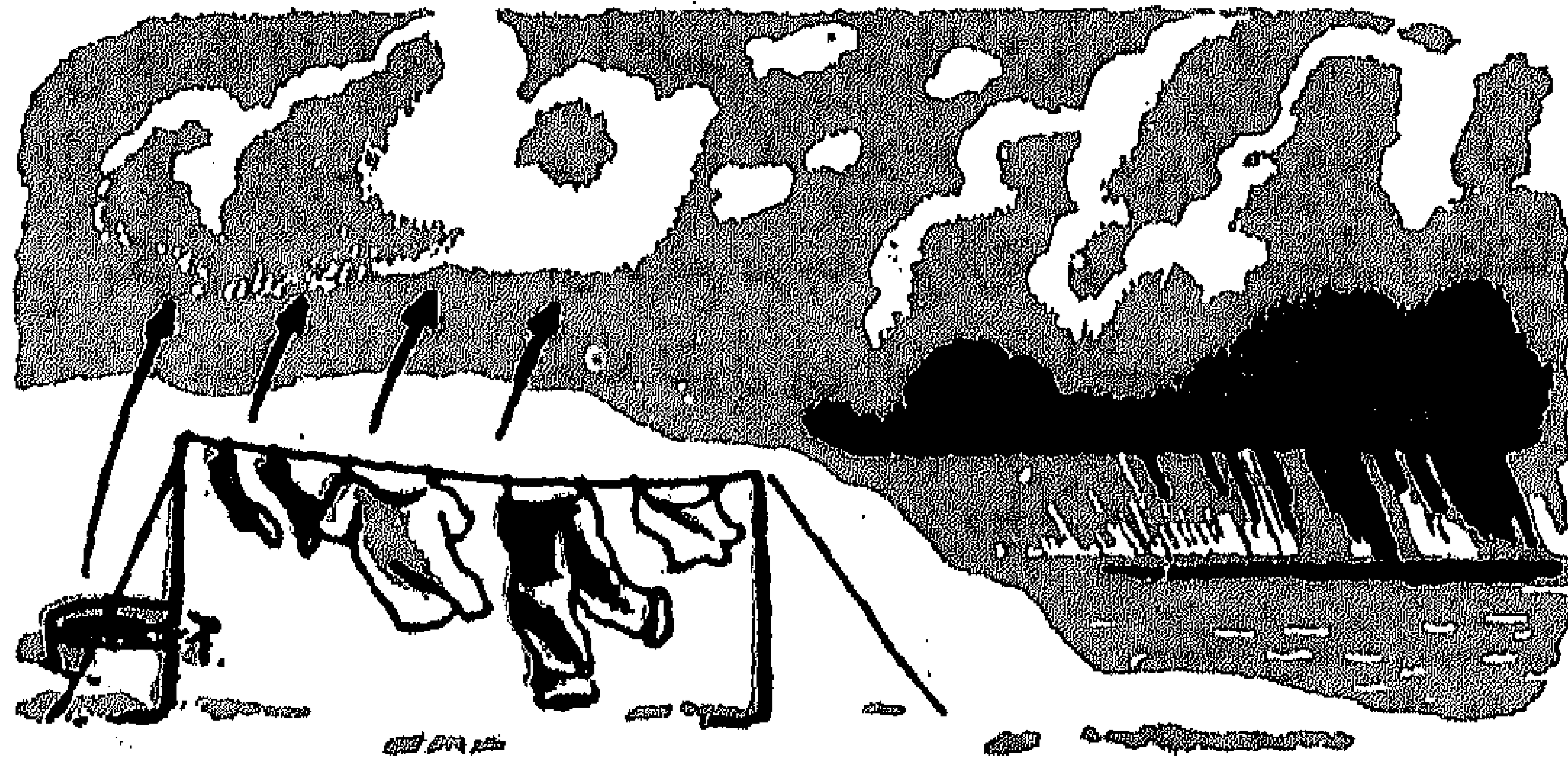
وبمضى الوقت، عندما يتم تبريد الهواء بدرجة كافية يعود بعض البخار من جديد إلى صوره المرئية. وعندئذ نقول إنه قد تكاثف، ومن صور التكاثف

* ربما تكون كلمة غاز غير عربية ومأخوذة عن كلمة (جاز) الإفرنجية، وربما هى تعنى كلمة دخان العربية.

«الشابورة» الضباب، والسحب، والندى، والصقيع، والمطر، والثلج، والبرَد. والحق أن الماء من عجائب الطبيعة العظمى، فهى المادة الوحيدة التى توجد على شتى الصور – الصلبة، والسائلة، والغازية.

ولا تبقى كميات بخار الماء العالقة فى الهواء ثابتة النسبة، بل هى تتغير دائماً ومصدرها الرئيسى فى طبقات الجو السفلى عمليات البخر التى تحدث فى المحيطات وذلك نظراً لاتساع رقعتها وتحملها الرياح إلى أماكن نائية، حتى يحين الوقت الذى تحمل فيه إلى طبقات الجو العليا الباردة فتتساقط فى صورة مطر أو ثلج. ويمكن القول بأن معظم بخار الماء إنما يوجد داخل السحب وفى جو الطبقات السفلى المضطربة.

وحتى بعد أن عرف العلماء سر الدورة المائية – أى كيف يتبخر الماء ويتكاثف ليهطل فى صورة مطر أو ثلج يملأ الأنهار ثم يعود إلى المحيطات ليتبخر ويعيد القصة من جديد – ظلت مسألة السحب غير مفهومة تماماً: ما علة سبحها فى الجو برغم أن هواء السحب أبرد من الهواء الذى يحيط بها؟ «والمعروف أن الهواء البارد أثقل من الهواء الساخن، وكذلك يلزم أن تضيف تجمعات نقط الماء داخل السحب بعض الوزن إليها، فلماذا إذًا لا تهوى إلى الأرض بمجرد تكوينها؟».



يتسرب الماء من الملابس المبتلة إلى الهواء فى صورة أبخرة

ولم يوفق العلماء إلى تفسير ذلك فى بادئ الأمر. وحتى عهد قريب لا يتجاوز القرن ونصف القرن حاولوا تعليل بقاء السحب عالقة فى الجو بأن تصوروا نقط الماء مجرد فقاقيع مليئة بغاز خفيف كغاز الأيدروجين يمكنها من مقاومة جذب الأرض لها. وبطبيعة الحال لم تكن أسباب تولد الأعاصير ونزول المطر قد عرفت بعد فى تلك الآونة، بل كانت لغزاً من الألغاز على غرار السحب وسبحها فى الجو. ولقد تطلب الوصول إلى الحل والإجابة على هذا السؤال دراسة مستفيضة لبخار الماء العالق فى الهواء.

والآن ما الذى توصل إليه العلماء من دراساتهم هذه؟

لقد وقفوا على سر ظاهرة هامة فحواها أن جو الأرض لا يستطيع أن يحمل (أو يستوعب) كميات غير محدودة من بخار الماء، بل إن فى مقدوره أن يحمل فقط كمية معينة لا سبيل إلى زيادتها. وفى العادة يمكن أن توجد كمية كبيرة لا سبيل إلى زيادتها. وفى العادة يمكن أن توجد كمية كبيرة من بخار الماء عالقة فى الجو، وبرغم ذلك يظل نقيًا صافياً، إلا أنه يأتى الحد الذى عنده لا يمكن إضافة كميات أكبر من بخار الماء إلى الهواء، ويسمى هذا الحد (درجة التشبع) أو (نقط الندى).

ومن عجيب أمر درجة التشبع هذه أنها غير ثابتة، بل نجدها تتغير، بمعنى أن سعة حمل الهواء لبخار الماء إنما تختلف باختلاف طبيعة الجو السائد، وهى تتوقف كلية على درجة الحرارة. فكلما ارتفعت درجة الحرارة زادت قدرة الهواء على حمل بخار الماء فإذا كانت درجة حرارة الهواء مثلا ٤ درجات وكان هذا الهواء فى حالة التشبع، يكون فى مستطاعنا أن نرفع درجة حرارته إلى ١٦ درجة، وعندها يصبح نصف مشبع فقط، وفى هذه الحالة نقول إن الرطوبة النسبية تساوى ٥٠ فى المائة.

ولكن ما الذى يحدث عندما يتشبع الهواء، وبدلا من أن نرفع درجة حرارته نعمد إلى خفضها؟

الذى يحدث فى هذه الحالة هو أن يتحول بعض البخار من حالة الغازية إلى السيولة، أو على حد تعبيرنا يتكاثف بعض البخار على هيئة ضباب أو سحاب.

فإذا ما افترضنا مثلا أن الهواء كان مشبعاً فى درجة ١٦، ثم عمدنا إلى تبريده إلى درجة ٤، فإن نصف بخار الماء العالق يتكاثف إلى ضباب أو سحاب. وكذلك إذا كانت درجة حرارة الهواء المشبع هى ٤ ثم برد إلى درجة ٢٩ تحت الصفر

يتكاثف نصف بخار الماء العالق أيضاً. ولا يتم التكاثف فى هذه الحالة فى صورة ضباب أو سحاب، فإن درجة ٢٩ تقل كثيراً عن درجة التجمد (الصفر)، وعلى ذلك فإن التكاثف غالبًا ما يتم على هيئة بلورات من الثلج.

وهذا هو عين الذى يحدث عندما نفتح باب الثلاجة (فريجيدير)، فإن الهواء الدافئ يتدفق إلى داخلها ويلامس أنابيبها وأوانيها الباردة ويبرد إلى ما دون درجة التشبع، وبذلك يتكاثف بعض بخار الماء العالق فيه إلى بلّورات من الثلج تتجمع فوق الأنابيب والأوانى. وعندما نعرض كوباً من الماء المثلج للهواء فى غرفة ساخنة نجد أن سطح الكوب الخارجى يكسى بطبقة رقيقة من الماء. وبطبيعة الحال ليس مصدر هذا الماء مما فى الكوب، ولكن مصدره هو الهواء الجوى الذى عندما يلامس سطح الكوب البارد تنخفض درجة حرارته تحت درجة التشبع، وعند ذلك تتكاثف بعض أبخرته فى صورة نقط صغيرة تكسو سطح الكوب الخارجى.

ويحدث الشىء نفسه فى الطبيعة، ونطلق على مثل هذا التكاثف لفظ (الندى). ويتحدث الناس عن (تساقط) الندى، إلا أنه فى الواقع لا يتساقط ولكن يتكون حيث نجده. فالحشائش مثلا تبرد سريعاً فى أثناء الليل، ويبرد بملامستها الهواء القريب من سطح الأرض حتى تهبط درجة حرارته تحت درجة التشبع، وعند ذلك تتكاثف أبخرة المياه العالقة به فى صورة نقط تظهر على الأجسام القريبة من سطح الأرض، كالحشائش والأزهار والشجيرات والسنابل ونحوها. أما إذا كانت درجة الحرارة تحت نقطة التجمد فإن بخار الماء يتكاثف مباشرة فى صورة بلّورات من الثلج هو الصقيع.

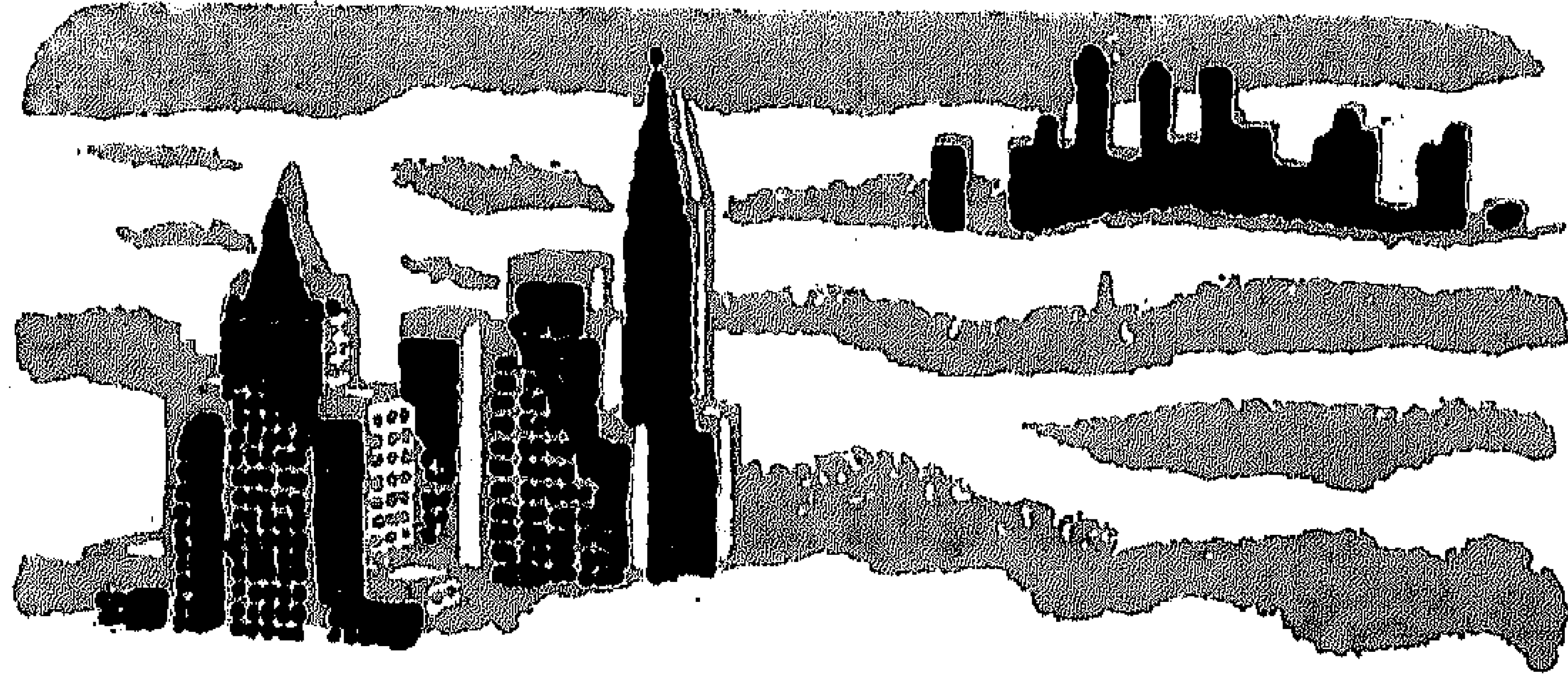
والآن ما هى السحب؟

السحب عبارة عن أبخرة مياه متكاثفة، قوامها نقط صغيرة من الماء السائل. أو بلورات صغيرة من الثلج. وتبلغ هذه الجسيمات من الصغر درجة بحيث نستطيع أن نرص ألف جسيم منها فى صف واحد ومع ذلك لا يعدو طوله سنتيمترين ونصف السنتيمتر. والواقع أن صغر هذه الجسيمات يسمح للهواء الذى يصعد بأى سرعة بأن يحملها بحيث تبقى عالقة فى الجو مهما صغرت سرعة اندفاع الهواء إلى أعلى.. وهكذا نرى أن مكونات السحب إنما تطفو بفعل تيارات الهواء. وفى أغلب الحالات تكتنف السحب تيارات هوائية تصعد باستمرار من قواعدها إلى قممها.

وليس من العسير أن تصنع سحابة، فكل ما عليك أن تفعله هو أن تخرج كمية مناسبة من هواء الزفير فى يوم شديد البرودة لترى سحابة صغيرة قد تكونت، أو أن تترك البخار يتصاعد من غلاية لتظهر سحابة صغيرة أمامك. والحق يقال: ليس منا من لم يوجد داخل سحابة من السحب، لأن الضباب ما هو إلا نوع من السحاب الذى يثار فوق سطح الأرض، ونحن عندما ندخل سحابة فوق جبل من الجبال نجد أنها لا تفترق فى شىء عن الضباب.

وفى العادة يتكون الضباب غير بعيد عن الأسطح المائية المتسعة، عندما تكون هذه الأسطح أسخن من اليابس، فعندما ينساب الهواء الرطب إلى الأرض تنخفض درجة حرارة طبقاته السطحية بملامستها للأرض الباردة نسبيًّا، وبذلك يتكاثف بعض بخار الماء العالق فيها فى صورة ضباب.

ولكن السحب البيضاء التى تبدو فى السماء كالوبر المنفوش (فى يوم من أيام الصيف)* إنما تتكون بطريقة مختلفة، فهى تبدأ كهواء رطب مندفع إلى أعلى. وعندما يصعد هذا الهواء يتمدد نظراً لقلة الضغط الجوى فى الطبقات العليا، والتمدد، أو الانتشار، يصحبه تبريد* الهواء. فإذا ما هبطت درجة حرارته تحت درجة التشبع تكاثف بعض بخار الماء العالق فيه مكوناً سحابة من السحب. وقد



ما الضباب فى الواقع إلا سحاب يحوم فوق الأرض

* فى الشتاء عندنا.

* هذه الظاهرة من الخواص الطبيعية للغازات، وهى تعرف باسم التبريد الذاتى أى الذى يتم من تلقاء نفسه بسبب الانتشار.

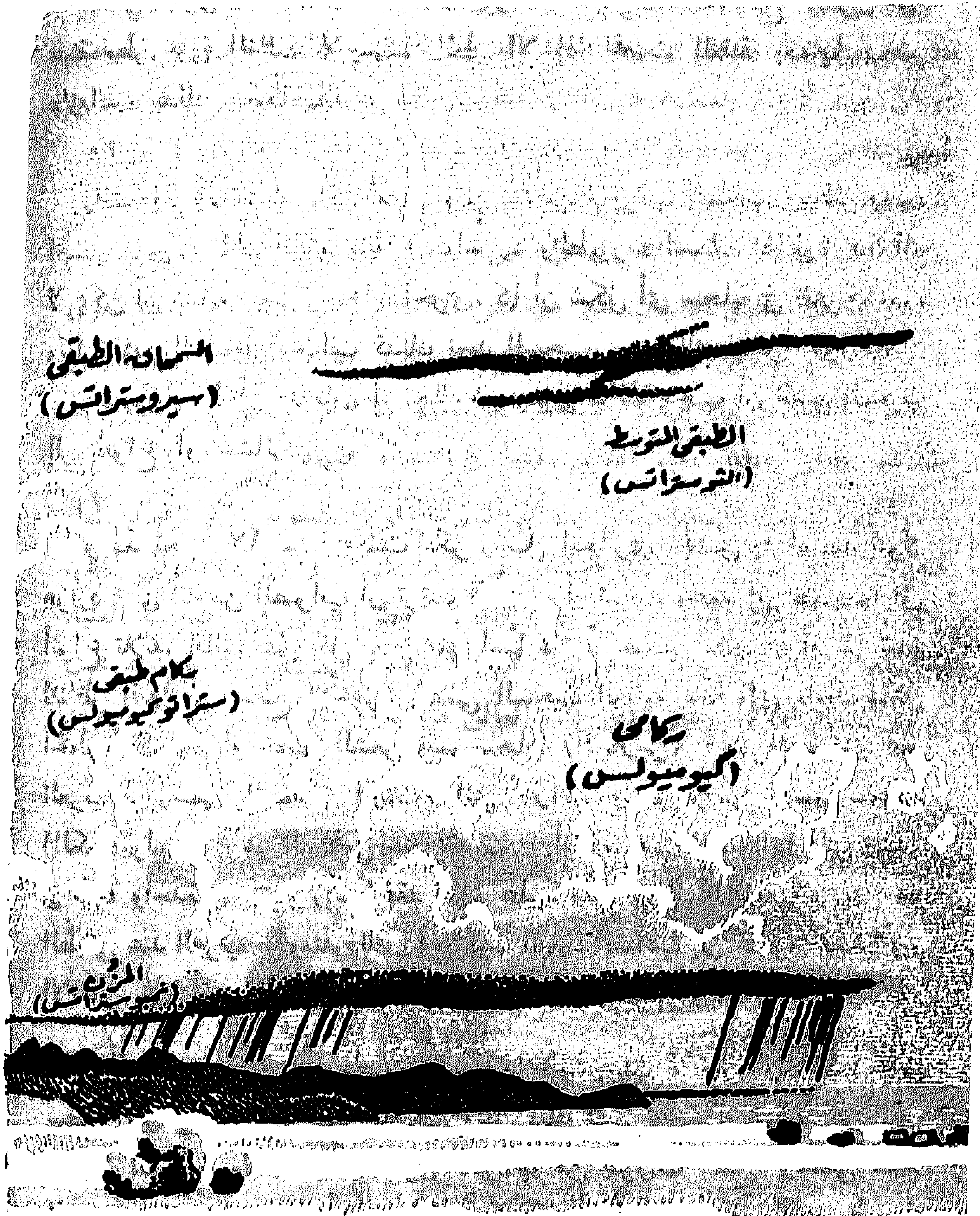
يحدث أن تكون نقط الماء المتكاثفة صغيرة جدًّا بحيث لا تستطيع الهطول على هيئة مطر. وفى الغالب لا يسقط المطر إلا إذا اتحدت النقط بعضها ببعض وازدادت بذلك أحجامها.

وللسحاب أنواع تكاد لا تحصر. ومن منا من لم يرقب السحب ويبصر وجوه البشر ورءوس الحيوانات والجبال والجزر، والطيور والسمك الهائل؟ فكذلك لا يمكن أن تشابه سحابة سحابة أخرى، كما أن شكل أى سحابة فى تغير مستمر. وكما تتباين الأشجار وتختلف كذلك نجد السحب، ومع ذلك فنحن نقول: «إن هذه شجرة بلوط أو سنديان، أو نخلة، أو صنوبر»، فلا عجب أن نقسم السحب إلى أنواع أو عشائر.

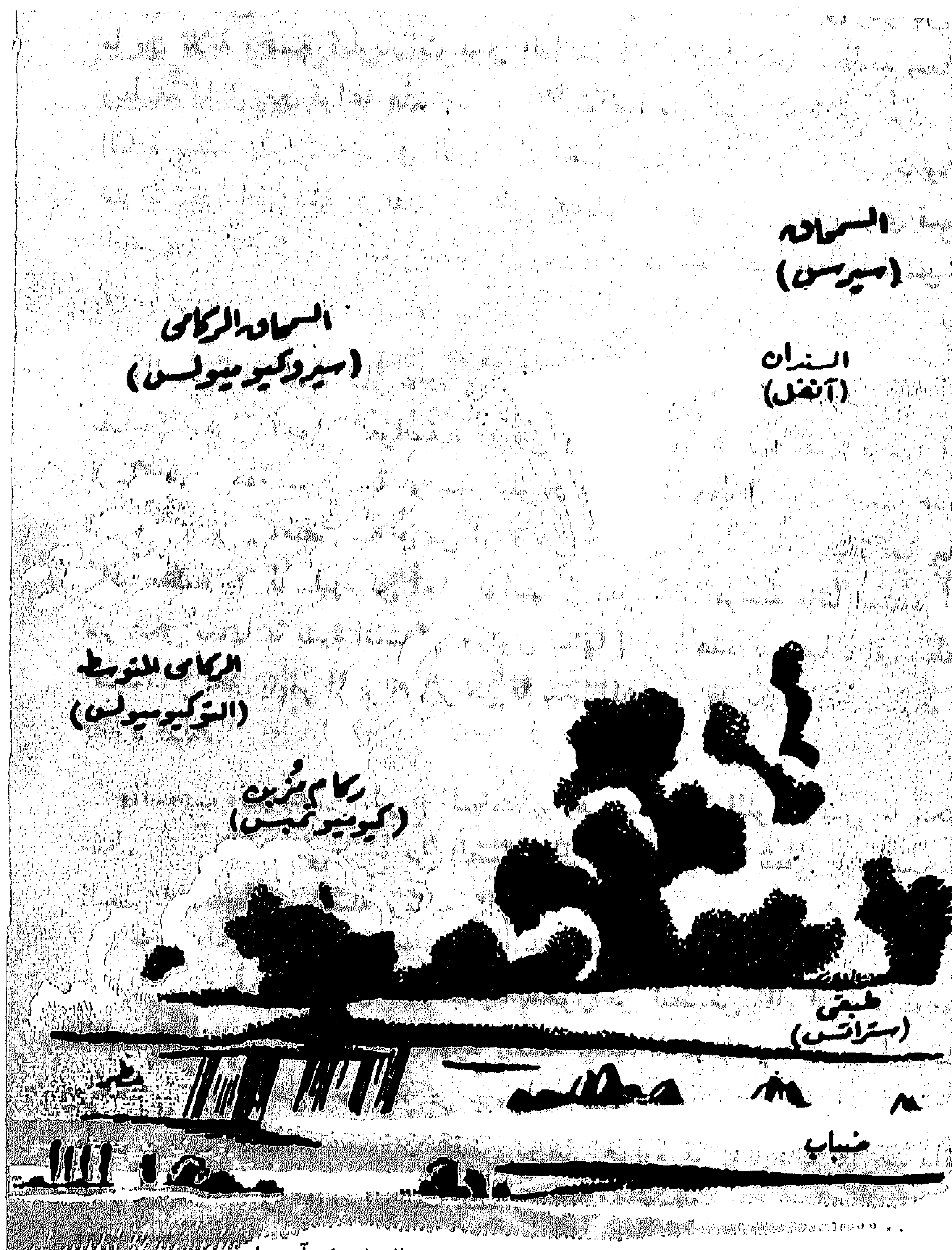
ومنذ نحو ١٧٠ سنة مضت فكر رجل إنجليزى الجنس - اسمه ليوك هوارد - فى أنه من الصواب أن ترتب السحب أو تبوَّب، وعمد إلى تقسيمها إلى أنواع ثلاثة، أطلق على كل نوع منها اسمًا لاتينيًا حسب مظهرها أو كما تبدو للناظر إليها من سطح الأرض. فسمى السحب العالية جدًّا التى تأخذ شكل الخطوط الرفيعة أو خصل الشعر باسم سحاب (السيرس) - هو السمحاق عند العرب... وسمى السحب البيضاء التى تتراكم وتنمو رأسيًا باسم سحاب (الكيوميولس) - هو الركامى عند العرب - أما السحب السنجابية التى تنتشر فى طبقة واحدة ولا تنمو رأسيًا فقد أطلق عليها اسم سحاب (الستراتس) - هو الطبقى عند العرب - ومنذ ذلك الحين قسم العلماء السحب إلى عشرة أقسام، وتم الاتفاق بين أمم الأرض على تسميتها بأسماء معينة.

(فالسيرس) - أو السمحاق - سحب عالية جدًّا، لا يقل ارتفاعها فوق سطح الأرض عن ٦,٤ كيلو مترات، وعلى ذلك فهى توجد فى طبقات من الجو شديدة البرودة، ولا غرو أن تكون مكوناتها من بلّورات الثلج. وتسمى هذه السحب أحياناً باسم (ذيول الفرس) بسبب علوها ولونها الأبيض الذى يظهر فى ضوء الشمس برغم أنها لا ترمى ظلالا. ويظهر سحاب (السيرس) غالبًا فى مقدمة الأعاصير وقبل حدوث التغيرات الجوية.

والسحب الركامية (كيوميولس) أكثر انخفاضاً، وأغلب ما تظهر فى الضحى



هنا عشرة أنواع من السحب تسمى بحسب أشكالها وارتفاعاتها



لا تظهر كل هذه السحب مجتمعة فى السماء فى آن واحد

أو قبيل العصر* فى الأيام التى تسطع فيها أشعة الشمس. وتأخذ هذه السحب فى بادئ الأمر شكل قباب القطن التى لها قواعد مسطحة، ثم تنمو كلما مال ميزان النهار، وتشمخ كل سحابة إلى عنان السماء، حتى قد تمتد قمتها إلى علو يتراوح ما بين ثلاثة وخمسة كيلومترات فوق القاعدة التى تكون دائماً مسطحة ومعتمة، وبطبيعة الحال تعين قواعد هذه السحب الارتفاع الذى يتم عنده تشبع الهواء. وفى العادة يستمر نمو السحب فى الاتجاه الرأسى حتى تكاد تمتلئ بها السماء. وحتى عندما ننظر إليها خلال الفجوات التى تفصلها بعضها عن بعض نرى قممها الناصعة البياض لا تزال تنمو رأسياً، فى حين تتساقط منها بعض نقط المطر من آن إلى آخر.

والسحب الركامية تثار عادة فى حالات الطقس غير المضطرب، إلا أنها تصاحب أحياناً أجواء العواصف، أو هى تؤدى أليها. فعندما تصل قممها إلى ارتفاعات شاهقة مثل خمسة أو ستة كيلومترات، ويبدأ هطول المطر، نسمع هدير الرعد، كما نرى وميض البرق من آن لآخر. وإذا كانت السحابة بعيدة عنا بعداً كافياً يسمح بالنظر إليها من أحد جوانبها فى مثل هذه المرحلة فإننا نستطيع أن نميز شكل قمتها بما يشبه السندان، وتكون قمتها النامية هذه قد وصلت إلى منطقة التجمد، فى حين ينهمر المطر الغزير من قاعدتها المظلمة، وقد يكون المطر مصحوباً بالبَرَد كذلك.

والسحب الطبقية من النوع المنخفض، وهى سنجابية اللون وليس لها شكل معين، وفى الحقيقة، هى نوع من الضباب المرتفع وكثيراً ما تغطى هذه السحب السماء تماماً بطبقة متصلة رمادية اللون.

ولقد سبق أن ذكرنا أن السحب إنما تتكون من نقط من الماء أو بلّورات من الثلج، إلا أن هذه المكونات لا تعطينا القصة كاملة، إذ يدخل فى تكوين السحب، والضباب أيضاً عامل آخر هام هو جُسيمات صلبة صغيرة تنتشر فى الجو وتعرف باسم نُويّات التكاثف. فمجرد خفض درجة الحرارة قد لا يكفى فى حد ذاته لحدوث التكاثف فى الهواء الرطب الصاعد، ولابد من وجود ما يعمل على تماسك

* أى بعد أن تنشط تيارات الحمل، وهى تيارات الهواء الرأسية التى تحدث بسبب تسخين الإشعاع الشمسى لسطح الأرض فى أثناء النهار.

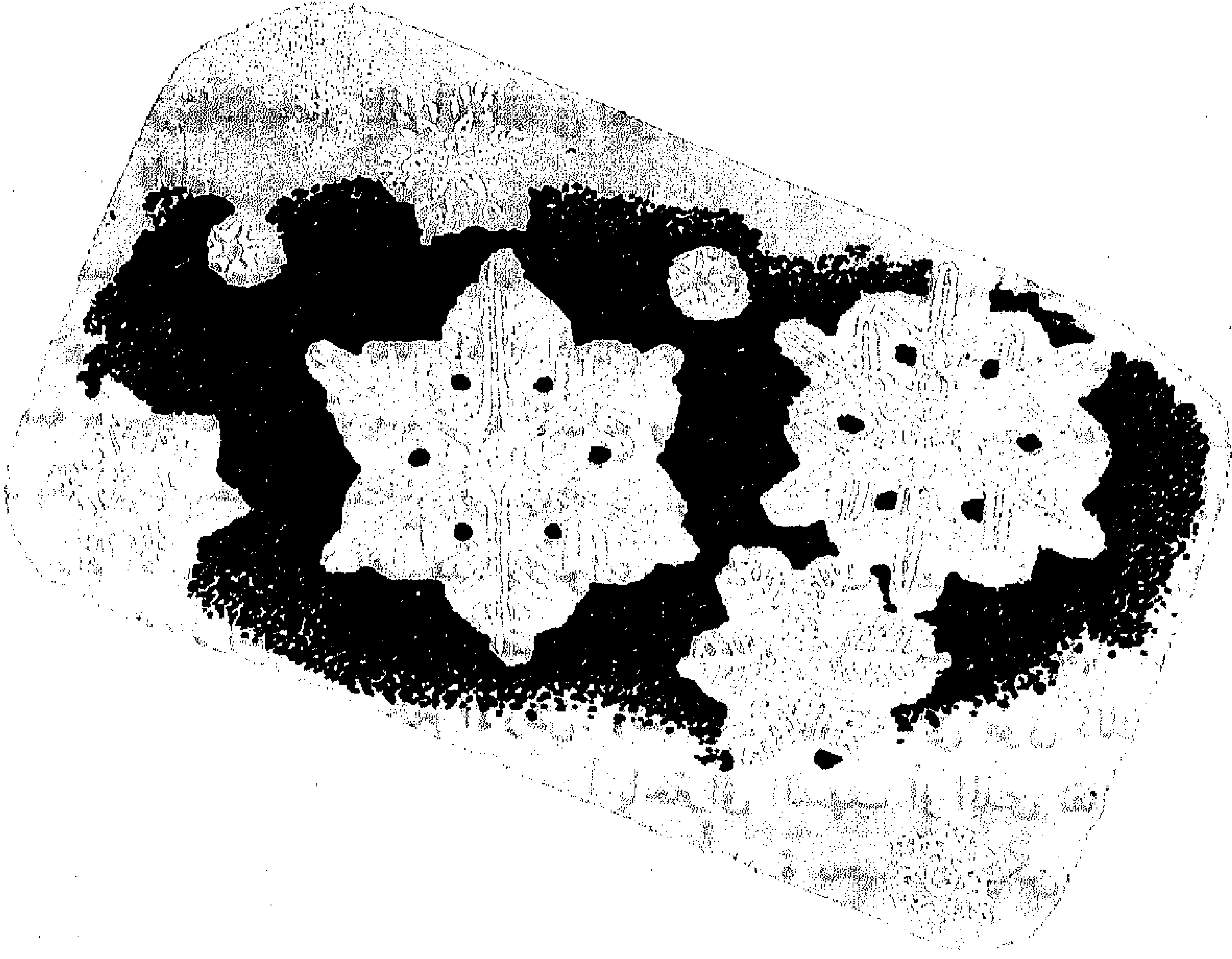
أو تجمع جزيئات بخار الماء العالقة فى الهواء مع بعضها البعض لتكون نقط الماء أو بلّورات الثلج.

ولحسن الحظ تنتشر فى الهواء كميات وفيرة من الجسيمات الصغيرة، هى أشبه ما تكون بالذرات أو حطام المواد الذى نراه يسبح فى حزمة من أشعة الشمس قوامه جُسيمات من التربة وأتربة المصانع ودخان الأفران... وبعض هذه الجسيمات قد يكون من حبوب اللقاح، أو البكتريا، أو الحب، أو أملاح البحار التى تطايرت مع رذاذ الأمواج. وتتوافر هذه الأنواع من الجسيمات الصغيرة فى طبقات الجو السفلى بطبيعة الحال، إلا أن بعضها يحمله الهواء إلى الطبقات العليا الممتدة إلى عدة كيلو مترات فوق سطح الأرض. وتستمد الطبقات التى فوق ذلك جسيماتها الصغيرة عن طريق الرماد الذى ينشأ باحتراق الشهب أو الذى تقذفه البراكين عند انفجارها، وهى جميعها غالبًا ما تكون صغيرة بحيث لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة.

وبطبيعة الحال يزداد تلوث الهواء بمثل هذه الجسيمات داخل المدن ويقل فى الأرياف. ففى المدن المضبة التى يكثر فيها الدخان قد تصل درجة تركيز هذه الجسيمات حدود ١٠٠ ألف جُسيم لكل سنتيمتر مربع واحد من الهواء. وفى حالات الضباب الذى يمتزج بدخان المدن تصير نقط الماء المتكاثف عظيمة الكثافة لوفرة ما تحمل من شوائب أو جُسيمات صلبة. ويطلق على هذا الخليط اسم (سموج).

وتتغير نسبة الأتربة العالقة فى الجو أيضاً بتغير الزمان. ففى عام ١٨٨٣ عندما نسفت الجزيرة البركانية «كراكاتوا» التى كانت تقع فى جنوب شرقى آسيا، وصل رمادها إلى علو ٢٧ كيلو مترًا، كما امتد أفقيًّا فى صورة سحابة سوداء طولها ٢٤٠ كيلومتراً. ولقد ظلت الرياح تحمل سحباً رقيقة بنية اللون من رماد كراكاتوا هذه وتنقلها إلى شتى أرجاء الأرض خلال شهور عديدة بعد ذلك.





٦
المطر، والثلج، والبرد، والجليد* المتميع

يبلغ المطر من الأهمية درجة تجبر العلماء على الاهتمام بدراسته ولقد حاولوا الإجابة عن سؤالين أساسيين: أولا لماذا لا تمطر السماء عندما تبدو الظروف متهيئة تماماً لذلك؟ وثانيًا لماذا لا نستطيع مساعدة (الطبيعة) ولو قليلا لتجود السماء بالماء عندما تدعونا الحاجة إلى ذلك؟

ومنذ قرون مضت والناس يحاولون مساعدة (الطبيعة) فى هذا الصدد. وقديماً كانوا يعتقدون أن الضفدعة هى إله الماء، فكانوا يعمدون إلى ضرب الضفادع بالعصى كلما انعدم المطر لكى تجلبه لهم. ومن حين إلى آخر كانت السماء تمطر بالفعل ولو قليلا، مما كبد الضفادع المسكينة كثيرًا من العناء وسبب لها المتاعب، فقد كان نزول المطر يعزى إلى عمليات الضرب هذه!

وفى بعض القبائل كان الرجال يغطون أجسامهم بزغب الطير (الريش الصغير) ليصير مظهرهم كالسحب، ثم يرقصون ويدورون على أمل أن تتشبه بهم (الطبيعة) فتكون السحب، أو على أمل أن تجود السحب العابرة بمائها. وكانوا

* هو أيضاً المطر الممزوج بالجليد، ولذلك نجد الجليد متميعاً.

يعتقدون كذلك أنه عندما يصيح الرجال فى أثناء الرقص بأصوات تحكى هدير الرعد لا تلبث (الطبيعة) أن تصنع الرعد بدورها، وأنهم عندما يسكبون الماء على بعضهم البعض ترسل (الطبيعة) عليهم وابلا من المطر.

وأعجب ما فى هذا الموضوع أن أولئك الرجال الذين كانوا يصنعون المطر غالباً ما كان الحظ يرافقهم فينجحون فى استمطار السماء، خصوصاً، وأنهم كانوا على جانب كبير من الدهاء. فهم قبل كل شيء لم يحاولوا صناعة المطر فى الأماكن التى ينعدم فيها أو فى غير موسمه. وهم كذلك لم يعمدوا إلى إجراء محاولاتهم إلا فى الحالات التى تعطش أهلها إليه منذ أمد طويل. وهم إلى جانب هذا كله كانوا يحرصون على الانهماك فى الطقوس ويستغرقون فى أدائها مدداً طويلة، بحيث لا يفرغون من رقصهم وشربهم وغشهم وخداعهم إلا والمطر الذى طال انتظاره قد أقبل، وهكذا يُعزى إليهم إنزال المطر!

وفى عصرنا هذا يستخدم صانعو المطر بالطرق العلمية الحديثة وسائل أخرى. فنحن نعرف بعض الشيء عن علة المطر وأسبابه، ولا تبنى وسائلنا من أجل صناعته على السحر والشعوذة، كما أننا لا نستهدف إرغام (الطبيعة) على عمل المستحيل، وإنما نحاول أن نهيئ لها الظروف الملائمة لنزول المطر أو اللازمة لاستمطار السماء.

ويستخدم العلماء لفظ «الهطول» للدلالة على المطر والثلج والبرد وكل ما ينشأ عن تكاثف بخار الماء العالق فى الهواء. وهم يقولون إن فى القمم العالية للسحب توجد عادة بلّورات الثلج التى ينشأ عنها هطول المطر. وكذلك توجد نقط من الماء صغيرة جدًّا، والذى يحدث هو أن تتجمع نقط الماء على بلّورات الثلج وتهبط هذه المكونات الكبيرة نسبيًّا وتجمع عليها عدداً أكبر من نقط الماء*. وتتوقف طبيعة

* يرى المترجم أنه فى الطبقات الوسطى من السحب الركامية كثيراً ما يوجد نوع من النقط الصغيرة التى تظل على حالة السيولة برغم انخفاض درجات حرارتها عن نقطة التجمد انخفاضاً كبيراً، وتعرف مثل هذه النقط علميًّا باسم «النقط فوق المبردة». ومن أهم خصائصها أنها غير مستقرة، بمعنى أنها قابلة للتجمد والتحول إلى ثلج كلها أو بعضها بحسب درجات حرارتها. ومن عجيب أمر هذه النقط أيضاً أن أبخرة المياه العالقة فى أجزاء السحابة التى توجد بها تكون كافية لإحداث التشبع بالنسبة لها ولكن تزيد على درجة التشبع عندما تتحول هذه النقط إلى ثلج. وعلى ذلك نجد أنه عندما تتساقط بلورات الثلج (المتكون فى الطبيعة أو الذى يضاف صناعيًّا) من أعلى السحابة إلى منطقة نقط الماء فوق المبردة تتحول هذه النقط فى الحال إلى ثلج بمجرد اتحادها ببلّورات الثلج الهابط، فتنشط بذلك عمليات التكاثف ويترسب أغلب بخار الماء الذى فى السحابة على هذه المكونات الجديدة، وذلك بطبيعة الحال لأن بخار الماء الذى من حولها يزيد على ما يلزم للتشبع. وهكذا تنمو هذه المكونات، كما تنشط تيارات الهواء الرأسية داخل السحابة.

الهطول بعد ذلك – فيما إذا كان ثلجاً أو مطراً – على درجات الحرارة السائدة فى الأجزاء العليا من السحابة، وكذلك على درجات الحرارة السائدة بينها وبين سطح الأرض، فإذا كانت أغلب هذه الدرجات تحت نقطة التجمد تساقط الثلج، وإلا ذابت بلّورات الثلج وهى فى طريقها إلى سطح الأرض وتساقط المطر.

وعلى أساس هذه النظرية يبنى العلماء المشتغلون بصناعة المطر عملهم، فيعمدون أحياناً إلى الصعود فى الجو بالطائرات لرش بلّورات الثلج أو بعض المواد الكيماوية أعلى السحب إلا أنهم كثيراً ما يلجئون إلى بث موادهم الكيماوية على هيئة دخان يصعد من مولداتهم التى تعمل من على سطح الأرض. لينبت بين السحب وهم يطلقون على مثل هذه العمليات اسم «بذر» السحب بالمواد الكيماوية. وتراهم يرجون من بعد ذلك زيادة الهطول، أو العمل على أن تتكاثف كميات أكبر من بخار الماء وأن تتساقط مقادير أعظم من النقط العالقة فى السحابة إلى سطح الأرض.



يعمد صانعو المطر أحياناً إلى بذر قمم السحب ببلورات من الجليد الجاف

ومهما يكن من شىء فإن المشتغلين بصناعة المطر لا يؤمنون إيماناً راسخاً بأن البشر سوف يستطيعون فى يوم من الأيام إنزال كميات وفيرة من المطر على مساحة واسعة، لأن قوى الطبيعة التى تتدخل فى توزيع المطر على الأرض تبلغ من الضخامة درجة تتضاءل أمامها قوى البشر، ولا سبيل إلى محاكاتها. ولكى يُغطى كيلو متر مربع بمطر ارتفاع متر واحد، معناه استخدام مليون طن من الماء؛ ولكى تغطى ولاية واحدة من الولايات (أو محافظة من المحافظات) بماء المطر إلى ارتفاع ٢,٥ سم، معناه استخدام من ٣ إلى ٤ بلايين من الأطنان. ولقد قدر

بالحساب أنه خلال كل ثانية واحدة ينهمر إلى سطح الأرض نحو ١٦ مليون طن من المطر والبرد والثلج، وبديهى أن هذه الكمية الضخمة كلها يجب أن يتم تبخيرها ورفعها إلى طبقات الجو العليا أولا فأولا.

وحتى إذا صادف وتكاثفت كل أبخرة المياه العالقة فى الهواء الذى من فوقنا دفعة واحدة فإن المطر الناجم عن مثل هذه العملية لا يزيد ارتفاعه على ٢,٥ سم. ومعنى ذلك أن على الطبيعة أن تجلب فوقنا كميات وفيرة من الهواء الرطب بسرعة كافية من أجل إمدادنا بوابل من المطر.

ولكن ماذا نعنى بوابل من المطر؟

لننظر أولا فى معنى المطر العادى. ففى المتوسط تبلغ كميات الهطول على سان فرانسسكو فى العام أكثر بقليل من ٥٠ سنتيمتر، بما فى ذلك الجليد عندما يذوب. أما متوسط الهطول فى شيكاجو فهو يربو على ٧٥ سنتيمتر، وفى مدينة نيويورك نجده يزيد على المتر. وفى العادة تزداد كميات المطر فى المناطق الحارة التى يحمل هواؤها مقادير وفيرة من بخار الماء، ولذلك نجد أن نيو أورليانز يصيبها أكثر من ١١٠ سنتيمتر فى العام.

وفى أغزر أمطار العالم نزل أكثر من ٥٠ سنتيمتر خلال ثلاث ساعات فى تكساس، وهو القدر الذى ينزل عادة خلال عام كامل فى سان فرانسيسكو، كما نزل أكثر من ٧٥ سنتيمتر خلال خمس ساعات فى بنسلفانيا، وأكثر من المترين خلال ثلاثة أيام فى جاميكا. ولعل أكثر بقاع الأرض مطراً مكان فى الهند يقال له (تشرا بونجى). ففى هذا المكان سقط ٢٥٠ سنتيمتر فى أربعة أيام و٩١٥ سنتيمتر فى شهر من الشهور، وأكثر من ٢٥٠٠ سنتيمتر فى العام.

فما علة هذه الأمطار الغزيرة التى تسقط على (تشرابونجى)؟ السبب هو هبوب تيار هوائى ساخن رطب يقبل مسرعًا من المحيط الهندى ليندفع فوق منحدرات جبل هناك شديدة الميل، فيتمدد الهواء ويبرد سريعاً، وتنخفض درجة حرارته تحت درجة التشبع بكثير فينهمر مطر غزير، وبمجرد أن يتخلص الهواء من بخار مائه يرحل ليحل محله هواء آخر رطب لا يلبث بدوره أن يتخلص من رطوبته ويبتعد... وهكذا يستمر انهمار المطر الغزير. وما هذا التيار فى الواقع إلا جزء من رياح آسيا الموسمية العظمى التى تهب خلال الصيف مقبلة من المحيط الهندى قاصدة المناطق الداخلية فى آسيا. ويبلغ متوسط المطر فى أواسط الصيف

أكثر من ٢٥٠ سنتيمتر فى الشهر.

وفى شهرى ديسمبر ويناير تهب الرياح على (تشرابونجى) من الاتجاه المضاد، وتكون جافة تماماً فلا يهطل من المطر سوى أقل ٢,٥ سنتيمتر فى الشهر.

وليس الثلج كما يقول الناس عبارة عن المطر المتجمد، فهو لا يمر بحالة السيولة بتاتاً، وإنما ينجم عن تكاثف بخار الماء العالق فى الهواء على صورة بلّورات من الثلج مباشرة. وعندما يفحص الجليد تحت المجهر (الميكروسكوب) تبدو بلّورات الثلج الصغيرة كالصفائح المختلفة الجميلة المنظر، ويندر أو يكاد يستحيل أن تتشابه بلّورتان منه تشابهاً تاماً، وقد نحصل على بلّورة واحدة من إحدى صفائح الثلج الدقيقة الهابطة، إلا أن الصفائح الكبيرة قوامها عدة بلّورات، وكما ذكرنا فى حالة المطر تتكون كل صفيحة حول نواة من نويّات التكاثف تمامًا كما تتكون نقط الماء.

وقد يحدث أحياناً أن تنمو صفائح الثلج كثيراً. ولعل أكبر ما رصد منها قاطبة ما تساقط منها فى منتانا عام ١٨٨٦ فى مكان يقال له فورت كيوغ (أو قلعة كيوغ)، فلقد هطل بعضها فى أرض خالية بالقرب من القلعة فكونت بقعاً واسعة بيضاء، بلغ عرض الواحد منها ٣٧,٥ سنتيمتر وسمكها ٢٠ سنتيمتراً ورصدت أيضًا فى أماكن أخرى صفائح من الثلج كانت الواحدة منها تملأ قدح الشاى.

ونجد من ناحية أخرى أنه فى الأجواء الباردة جدًّا كما هو الحال فى عواصف الثلج فى الداكوتاز ونبراسكا يتساقط ثلج دقيق الحجم أو على هيئة مسحوق تذروه الرياح الشديدة فيتطاير فى الجو ويملأ رئات الناس والحيوانات ويسبب لها الاختناق.

وعلى الرغم من أن الثلج قليل الوزن فهو قد يتراكم فى المناطق الجبلية ويسد الطرق، ويكون آكامًا يتجمع عليها الثلج إلى ارتفاعات شاهقة تنهار فى قوة وعنف فتقلع الأشجار وتجرف أمامها المبانى والمنشآت. وتصرف الحكومات ملايين الجنيهات فى بناء الحواجز من أجل حماية المدن والطرق وخطوط السكة الحديد من أخطار الثلوج المنهارة.

وتهطل أعظم كميات الثلج فى الولايات المتحدة الأمريكية فى كاليفورنيا، على المنحدرات الغربية لجبال سيرانيفادا، إذ تقبل الرياح المحملة بأبخرة المياه من المحيط الهادى وتصعد على تلك المنحدرات. وقد هطل فى يوم واحد من مكان هناك



قد ينهار الثلج والجليد المتراكم على سفح الجبل

يقال له (جيانت فورست) ١٥٠ سنتيمترا. وخلال شتاء ١٩٠٦-١٩٠٧ بلغت كميات الثلج المتساقط فى تامارك بكاليفورنيا نحو ٢٤١٠ سنتيمترات، أى ما يربو على ٢٢ متراً.

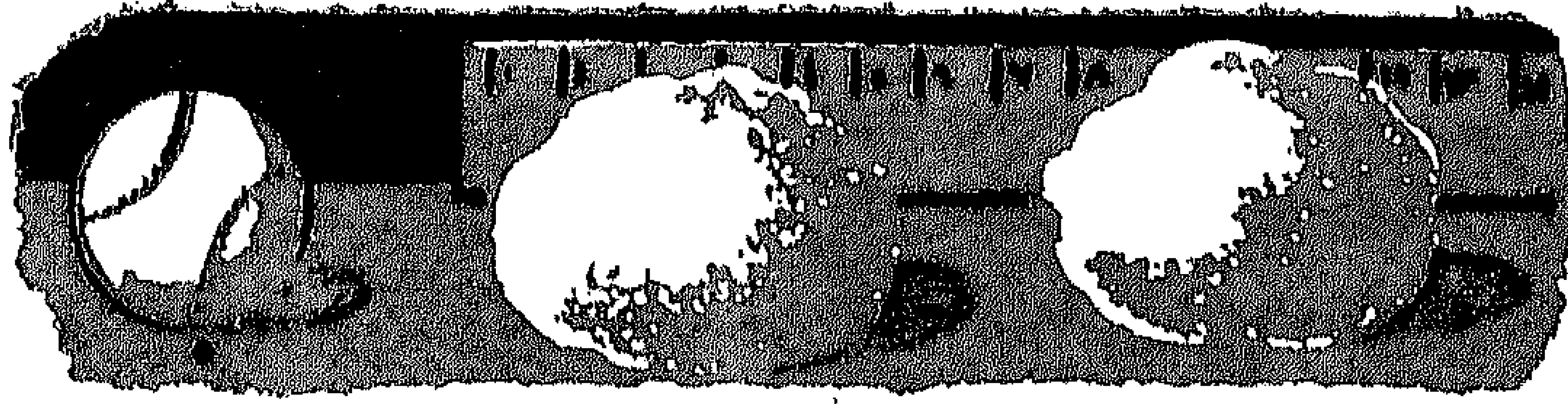
وكما قلنا ليس الثلج هو المطر المتجمد، وذلك على عكس البرد والجليد المتميع أو المطر الممزوج بالثلج، برغم أن طريقة تكوين البرد تختلف تماماً عن طريقة تكون الجليد المتميع. ولكل حبة من حبات البرد قصة طويلة، والقاعدة العامة هى أنه كلما ازداد حجم حبة البرد طالت قصتها.

والمعروف أن حجوم حبات البرد تختلف اختلافاً كبيراً من حالة إلى أخرى وبرغم أن أغلب ما يهطل منها يكون فى حجم (الخرز)، فإنها قد تبلغ أحياناً حجم كرة (البيسبول) أو أكبر. وأعظم ما سجل من حجوم حبات البرد تلك التى رصدت فى يوليو عام ١٩٢٨ ببوتر فى نبراسكا، فقد بلغ طول محيط الواحدة منها ٤٢,٥ سنتيمتر، كما بلغ وزن إحداها ٦٧٥ جراماً! وكانت الأغلبية فى حجم الليمون الهندى. ومن السهل أن نستنتج أن البرد الكبير الحجم الذى من هذا النوع يضر كثيراً بالمحصولات ويكسر كثيراً من نوافذ المنازل. ولقد قدر أن حبة البرد التى يبلغ قطرها ٤ سنتيمترات تسقط بسرعة ٩٦ كيلومتراً فى الساعة، أما البرد الذى قطره ١٢,٥ سنتيمتر فإن سرعة سقوطه تبلغ ١٩٢ كيلومتراً فى الساعة وليس إذا بالمستغرب أنه حدث فى الهند أن قتل البرد الجاموس فى إحدى العواصف العنيفة!

وتبلغ قيمة التلف الذى يحدثه البرد فى المنطقة الوسطى من الولايات المتحدة الأمريكية ملايين الدولارات كل عام. وقد يحدث أن يتلف البرد المحصول إتلافاً تاماً، فقد شوهد فى إحدى الحالات التى تساقط فيها البرد بغزارة أن انتزعت أوراق الشجر والنبات.

ومن الطبيعى أن نتساءل: ما الذى يصنع هذه الكور الثلجية أو الجليدية؟ وما هو سر نموها حتى تبلغ من الكبر حجم كرة (البيسبول) أو تزيد عليه؟

يتولد البرد فى سحب عواصف الرعد، وإذا ما أتيح لنا أن نقطع حبة منه إلى نصفين أمكننا أن نتبين تركيبه الدقيق من طبقات بعضها فوق بعض على غرار رءوس البصل، إلا أن الطبقات تتكون فى هذه الحالة على التوالى من الثلج الشفاف والجليد الهش، وهى تحدثنا عن قصة البرد وكيف نشأ.



بلغ طول محيط أكبر حبة برد رصدت ٤٢,٥ سنتيمتر

وبعد أن تتكون نقط المطر تعمل تيارات الحمل الصاعدة على حملها إلى مناطق التجمد التى تتكون فيها بلّورات الثلج داخل السحابة. وتتحول نقط المطر إلى ثلج، كما تجمع حولها أغشية من بلّورات الثلج، وتصبح بذلك أثقل مما كانت عليه. وإذا ما ضعفت تيارات الحمل الصاعدة، تبدأ هذه المكونات النامية فى الهبوط، وترتطم بنقط الماء الموجودة فى قاعدة السحابة، وبذلك تجمع حولها أغشية من ماء المطر. وتنشط تيارات الحمل من جديد وترفعها إلى مناطق التجمد حيث يتحول الماء المترسب عليها إلى جليد، كما تجمع حبات البرد أغشية أخرى من بلّورات الثلج قبل أن تبدأ فى التساقط. وقد يحدث أن يحمل البرد على هذا النحو عدة مرات فينمو* ويزداد حجمه كثيراً بحيث لا يقوى الهواء على حمله فى نهاية

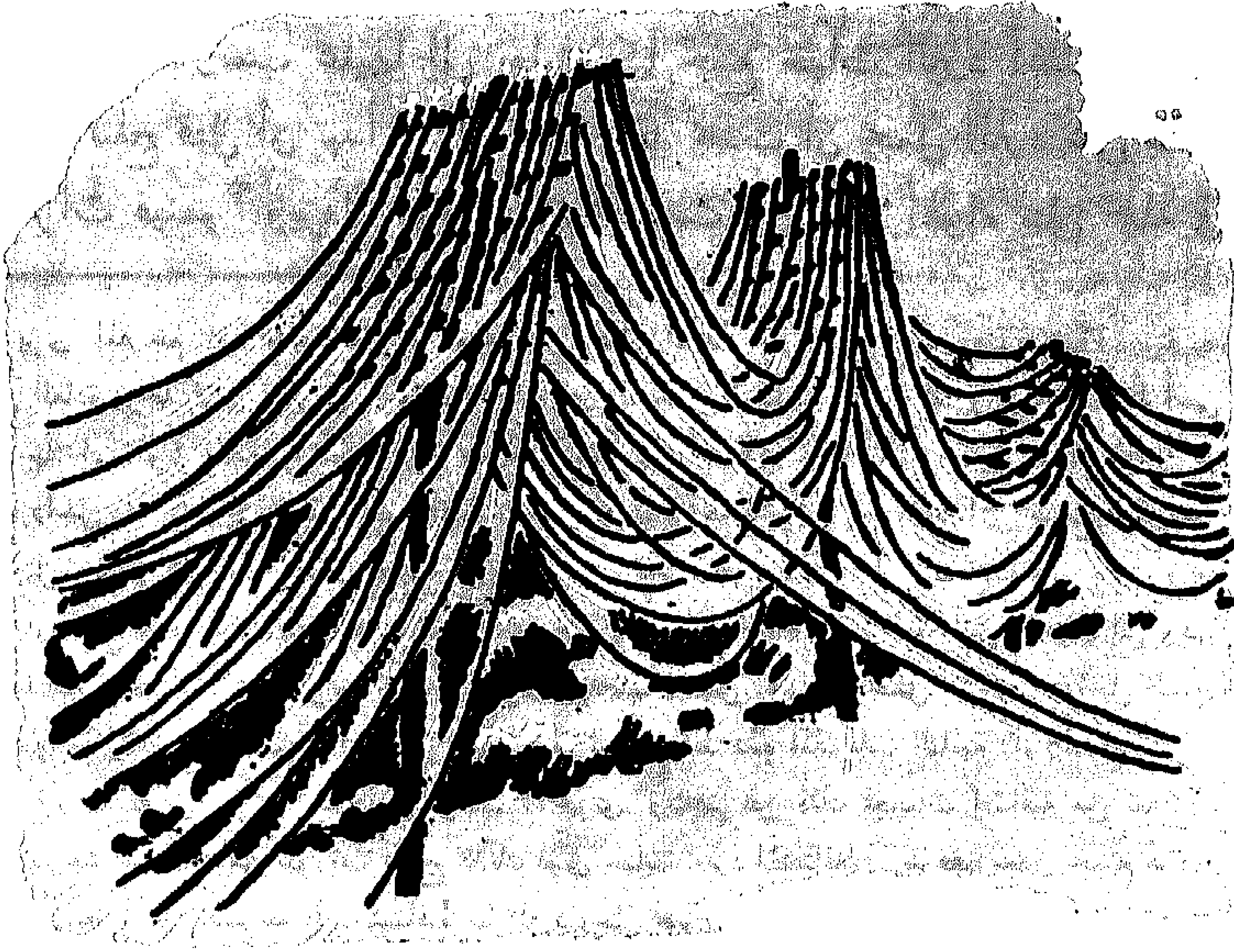
* يرى المترجم أن هذه النظرية قديمة وقد بطل الأخذ بها.

ففى العادة يوجد فرق كبير فى درجات الحرارة بين السحابة الركامية القابلة للنمو فى الاتجاه الرأسى والهواء المحيط بها؛ إذ تكون السحابة أسخن مما حولها، فتنشأ تيارات حمل محلية تحمل معها سقط الماء فوق المبردة المتكونة داخل السحابة إلى ارتفاعات شاهقة تنخفض فيها درجة الحرارة إلى القيم التى تسمح بتكوين بلّورات الثلج، مثل ٤٠ أو ٥٠ تحت الصفر. وتلك مرحلة تتحول فيها بعض نقط المطر الصاعدة إلى جليد، ويعقب ذلك مباشرة أن تجمع هذه المكونات الجليدية معها أغشية من بلّورات الثلج ونقط الماء التى تتحول إلى جليد كذلك. وتتم عمليات الجمع هذه عن طريق تصادم المكونات بعضها ببعض. هذا هو مجمل ما يحدث داخل السحابة عادة لتظهر فيها مكونات ثلجية كبيرة أو يظهر فيها البرد. ثم تتساقط هذه المكونات النامية (أو هذا البرد) متثاقلا إلى الأرض بسرعة تفوق سرعة تساقط المكونات الأخرى، وينجم عن ذلك تجمعات إضافية من نقط الماء الذى يتحول تدريجياً إلى ثلج ومن بلّورات الثلج كذلك فوق حبات البرد المتساقط. ويتوقف معدل تجميع هذه المكونات بعضها إلى بعض على السرعة التى يتساقط بها البرد وعلى محتويات السحابة من مكونات مائية وعلى حجم البرد المتكون، وقد تعمل هذه العوامل مجتمعة على تولد حبات من البرد كبيرة الحجم. أما فكرة صعود البرد وهبوطه عدة مرات فهى فكرة خاطئة لم تدعمها المشاهدة. ويكفى مجرد اختلافات فى طبيعة وسرعة المكونات الموجودة داخل السحب الركامية لتكوين البرد من أى حجم.

المرحلة. وعلى أية حال فإن مآل البرد إلى التساقط إلى الأرض، سواء أكان حجمه كبيراً أم صغيراً.

أما الجليد المتميع فليس له قصة. وهو مطر تجمد (بعضه أو كله) إلى حبيبات من الجليد بسبب مروره خلال طبقة من الهواء البارد قبل وصوله إلى الأرض. وترتد هذه الحبيبات عندما ترتطم بسطح الأرض، وهو غالباً ما يهطل ممزوجاً بنقط المطر.

والمطر الذى يتجمد عقب سقوطه مباشرة على سطح الأرض يسمى بالجليد المصقول، ويطلق على العاصفة التى تسببه اسم عاصفة الثلج. وكثيراً ما ينجم عن الجليد المصقول تلف بالغ فى الأشجار وأسلاك الكهربا، بسبب عظم وزن الثلج المتراكم، خصوصاً عندما تتكون منه أغلفة سميكة. وكثيراً ما يترسب الجليد المصقول خلال طبقة يبلغ سمكها خمسة سنتيمترات، وعندما يحدث ذلك تهوى الأغصان الكبيرة متثاقلة إلى الأرض، كما تنقطع الأسلاك للسبب نفسه.



يسبب الجليد المصقول المترسب فى عاصفة ثلجية أضراراً بالغة للأشجار والأسلاك.



٧

العواصف
الحسن منها والردىء

العواصف هى أكثر الظواهر إثارة لنا فى الرواية الخالدة التى يمثلها الجو، وعواصف الرعد هى أكثرها حدوثاً وتكراراً أمام ناظرنا، ففى كل يوم من أيام السنة يحدث منها على الأرض ٤٤ ألف عاصفة فى المتوسط. وتكاد تنعدم هذه العواصف فى المناطق القطبية، أما فى الأقاليم الاستوائية فهى شائعة ومألوفة إلى حد كبير. فهناك فى بناما وفوق جاوة يصل متوسط الأيام التى يحدث فيها الرعد ٢٠٠ يوم فى السنة. وفى هذه اللحظة بالذات تجوب أرجاء جو الأرض. ١٨٠٠ عاصفة رعداً.

فما الذى يسبب الرعد؟ وكيف يتولد؟

فى العادة تحدث عواصف الرعد عندما توجد فروق كبيرة فى درجة الحرارة ما بين الهواء الملاصق لسطح الأرض وطبقات الجو العليا. ويتم ذلك إما بتسخين الهواء السطحى عن طريق سطح الأرض الساخن، أو بتبريد الهواء العلوى

تبريدًا عظيمًا* والعلة فى تكوين أغلب عواصف الرعد على المحيطات هو التبريد الشديد للطبقات العليا. وفى أغلب البقاع الأخرى على أية حال تنشأ عواصف الرعد أكثر ما تنشأ عن طريق تسخين الشمس لسطح الأرض، ومن ثم تسخين الهواء الملاصق له. ومن أسباب تكون هذه العواصف كذلك مرور تيار هوائى بارد تحت آخر ساخن رطب ودفعه إلى أعلى، أو صعود أهوية رطبة فوق جبل مرتفع.

وفى أمريكا غالباً ما تتولد عواصف الرعد بعد ظهر أيام الصيف الهادئة عندما تزداد رطوبة الجو بشكل ظاهر؛ إذ يعمد الهواء الساخن إلى الصعود تحت تأثير تجمع الأهوية الباردة التى من حوله، وعند ذلك تتكون سحابة ركامية بيضاء تشمخ إلى عنان السماء فى سرعة فائقة، ولا تزال تنمو فى الاتجاه الرأسى حتى يبلغ سمكها خمسة كيلومترات مثلا. ويميل لونها إلى الاسمرار تدريجيًّا حتى تصبح قاعدتها معتمة مظلمة. وتتحرك هذه السحابة المخيفة نحو الشرق، وعلى حين غرة يظهر وميض البرق ويسمع هدير الرعد، وتهب نفحات شديدة من الهواء البارد مقبلة من العاصفة، فتنحنى أمامها الأشجار الصغيرة، فى حين تهوى فروع الشجر الميتة متكسرة إلى الأرض. وتهدأ الرياح تدريجيًّا ويهطل المطر فى رخات، وقد يصحبه هطول البرد كذلك، وتضىء السماء بوميض البرق المتتابع وهدير الرعد الذى يلاحقه. والعادة أنه لا يستغرق حدوث الرخات الشديدة أكثر من دقائق معدودات، كما يروق الجو بعد مضى ساعة أو ساعتين على الأكثر، وعندها تصفو السماء ويهب نسيم معتدل من الجنوب ويعود الأمن والسلام.

ومهما يكن من شىء فإن أغلب عواصف الرعد هى عواصف محلية، لا يزيد اتساع قطر الواحدة منها على عدة كيلومترات، إلا أنه قد يحدث أن تتابع هذه العواصف فى سلسلة على خط طوله ١٦٠ كيلومترا أو أكثر، كما أن فى مقدورها أن تتحرك عبر مئات الكيلومترات. وفى كثير من الحالات يكون خط سيرها جليًّا واضحاً، إذ تتساقط عليه أمطار غزيرة، فى حين لا تتساقط على مسافة قريبة منه نقطة واحدة.

وليس عجيباً أن نجد البرق والرعد هما أكثر ما يلفت نظرنا فى هذه العواصف، فلقد مرت عصور أخافت فيها هذه الظواهر البشر وأزعجتهم. ولقد

* وكذلك بسبب هبوب تيارات هوائية علوية باردة، وهو الأكثر شيوعاً فى الشرق الأوسط فى فصل الشتاء.



قد تتحول سحب عواصف الرعد رأسيًا حتى يصبح سمكها خمسة كيلومترات.

ذهب الإغريق فيما ذهبوا إليه إلى أن ملك الآلهة الغاضب «زيوس» كان يقذف بالصواعق التى يصهرها له الحداد الأعرج «فالكان». أما اليوم فكل شخص يعرف أن البرق ما هو إلا شرارة كهربية هائلة، أما الرعد فهو مجرد دوىّ، أو الصوت الناجم عن التمدد الفجائي للهواء عندما ترتفع درجة حرارته بمرور البرق فيه. والبرق عظيم الحرارة جدًا. وهى قد تصل فيه إلى حدود ١٥٠٠ درجة سنتجراد. وبطبيعة الحال بعد أن يتمزق الهواء بالتمدد الفجائى يعود ليتجمع مرة أخرى محدثاً موجة صوتية هائلة.

ولكن ما علة هذه الشرارات الكهربية الهائلة التى ترغم الإنسان البدائى على الركوع على ركبتيه خوفاً ورهبة؟

الأمر فى غاية البساطة؛ إن علة هذه الشرارات هو شحن نقط الماء التى داخل السحب، وكذلك الهواء الذى من حولها بالكهربية. وتشحن أيضًا مكونات السحب الثلجية كبلّورات الثلج التى فى القمة. وتنشأ عن هذه الشحنات ضغوط كهربية لا تزال تتراكم وتتزايد حتى لا يقوى الهواء على عزلها فيتم التفريغ الكهربى بين الشحنات المختلفة فى السحابة نفسها، أو بين سحابة وأخرى قريبة منها، أو حتى بين السحابة والأرض.

وقد تتمخض العاصفة الواحدة عن عدة آلاف عملية من عمليات التفريغ الكهربى (البرق)، وقد يصل طول الشرارة الواحدة نحو الكيلومتر ونصف الكيلومتر عندما يتم التفريغ بين السحابة والأرض، أما طولها عندما يحدث التفريغ بين السحب فهو يزيد على ذلك كثيراً. وعندما تكون العاصفة قريبة منا لا يصعب تمييز تفرع الشرارات وتعددها فى كل اتجاه، وقد تستغرق الواحدة منها زهاء ثانية كاملة قبل أن يتلاشى وميضها، إلا أن أغلبها يتلاشى خلال فترات أقل من ذلك بكثير. وقد يحدث أحياناً أن يتعذر علينا رؤية الشرارة نفسها، وهو عين ما يحدث عندما تكون العاصفة بعيدة عنا، وكل الذى يحدث فى مثل هذه الحالات أن تضىء السحب والسماء فجأة بنور يطلق عليه أحياناً اسم «برق صحائفى»، أو «صحائف البرق».

أما الرعد فهو يهدر (يقعقع ويكركب) تارة، ويصفق تارة أخرى. وقد يحكى هديره فى بعض الأحايين قصف المدافع فى معركة حربية. وما الهدير فى الواقع سوى صدى* الرعد بين السحب. وعندما يحدث وميض البرق ويتبعه تصفيق فجائى فإن معنى ذلك أن العاصفة فوق الرءوس. وبطبيعة الحال لا يمكن رؤية البرق وسماع الرعد فى آن واحد، لأن الضوء ينتقل بسرعة تربو على سرعة انتقال الصوت بنحو مليون ضعف، ولهذا يصلنا وميض البرق أولا. ويمكن حساب بعد العاصفة عنا بحساب عدد الثوانى التى تمضى بين لحظتى رؤية البرق وسماع الرعد. ولما كان الصوت يستغرق فى قطع الكيلومتر الواحد ثلاث ثوان، فإننا نجد أنه إذا كانت المدة التى تمضى بين رؤية البرق وسماع الرعد هى ١٥ ثانية تكون العاصفة على بعد خمسة كيلومترات منا.

وعواصف الرعد مألوفة فى بعض أرجاء أمريكا لدرجة أن القوم هناك

* هو الصوت المرتد أو المنعكس.

يستبشرون باليوم الحار اللافح ولا يوجسون منه خيفة، وتراهم يتهامسون: «إن العاصفة سوف تعمل على تبريد كل شيء». وفى أغلب الأحيان تجلب هذه العواصف معها المطر بعد أن يكون قد طال انتظاره. أما فى السهول العظمى ووادى المسيسيبى فلا يبتهج القوم بعواصف الرعد؛ إذ قد يصحب الرعد والبرق والمطر شيء آخر هو (التورنادو) المفزعة أو (الإعصار المدمر). وبرغم أن التورنادو من العواصف التى لا تغطى مساحة كبيرة، فإنها أعظمها عنفاً على الأرض.

ويقبل الإعصار فجأة تماماً كما تقبل عواصف الرعد، إذ يبصر الناس سحابة سميكة مظلمة تجيء من بعد. وعندما تدنو وتقترب يرى الناس قمعاً يتدلى من السحاب إلى الأرض، على هيئة خرطوم الفيل الذى يتلوى متنقلا من هنا إلى هناك، وكأن هذا الخرطوم يرتفع تارة ويتدلى تارة أخرى، وحيثما يلاقى سطح الأرض يكتسح معه كل شيء وسط جلبة وضوضاء لا نظير لها.

وعندما يرى الناس هذا المنظر لا يفكرون إلا فى شيء واحد هو النجاة. فإذا ما بدا القمع يسير إلى اليمين أو إلى اليسار منهم فإن التورنادو فى الغالب تمر أمامهم فى سلام. أما إذا بدت ساكنة لا تتحرك فإن معنى ذلك أنها مقبلة إليهم مباشرة، أو أنها تبتعد عنهم. ولكن الناس لا يصبرون حتى يتبين لهم الأمر، ففى كانساس وبعض الولايات الأخرى التى تجتاحها هذه الأعاصير يشيدون أشبه شيء بالمخابئ التى يعرف المخبأ منها باسم «قبو الإعصار» أو «قبو السيكلون»، غير بعيد عن مساكنهم الريفية، ويمكثون فيها حتى يمر الإعصار. وفى العادة لا يستغرق مروره مدة طويلة؛ فهو يسير بسرعة تتراوح بين ٣٠ و ٦٠ كيلومتراً



حيثما تكثر «التورنادو» يختبئ الناس فى «قبو الإعصار»

فى الساعة، وعلى ذلك فإنه فى أى مكان معين يمكن أن ينجلى الأمر خلال نصف دقيقة، إلا أنه خلال هذه الفترة يحدث تلف مريع، فالتورنادو يمكنها أن تحصد كل ما تمسه وتساويه بسطح الأرض، إلا المساكن المبنية بالخرسانة المسلحة.

وكثيرًا ما يطلق القوم على إعصار التورنادو اسم «البارم»، وذلك على أساس أن الرياح تدور من حوله وتلف بصوت يصم الآذان وسرعة بالغة تزيد على ٣٠٠ أو ٥٠٠، أو ربما ٨٠٠ كيلومتر فى الساعة، وكأنما تهرع متسابقة إلى المركز أو القلب الذى تجتاحه فى الوقت نفسه تيارات حمل شديدة صاعدة تدفع الهواء إلى أعلى بسرعة تصل إلى ١٥٠ أو ٣٠٠ من الكيلومترات فى الساعة.

ويقضى القمع على كل ما يمسه، ولا يقتصر الهول والدمار على ما تطيح به الرياح العاصفة مما يعترض سبيلها، ولكن الضغط الجوى داخل القمع ينخفض سريعاً بالنسبة إلى ما جاوره، بحيث تنفجر البيوت والمخازن والصوامع وتتناثر أجزاؤها ومحتوياتها بمجرد مرور القمع بها، تماماً كما تنفجر البالونات عندما تصعد إلى عنان السماء. والذى يحدث عادة هو أن تندفع إلى الخارج جدران المبانى وأسقفها عندما يصير الضغط الجوى داخلها أكبر بكثير من الضغط فى «التورنادو» فى أثناء مرورها بها أو حفيفها لها. وفى الوقت نفسه تدأب تيارات الهواء الصاعد فى قلب إعصار على التقاط كل ما يصادفها من الأجسام حتى الثقيل منها، كالسيارات والماشية والخيل والناس، وتحملها أحياناً عبر مسافات بعيدة، وقد تهبط بهم بعد ذلك دون أذى أو ضرر!

ولعلنا نتساءل عند هذه المرحلة عن سر توافر الأعاصير فى مناطق أمريكا الوسطى دون سواها؟! والإجابة عن ذلك أن تلك المنطقة هى ملتقى تيارين من الهواء تختلف خواصها تماماً: فبينما يهبّ أحدهما من خليج المكسيك محملا بالحرارة وأبخرة المياه، يقبل الآخر عبر التيار الأول ويتدفق من فوقه وقد تميّز بالبرودة والجفاف.

وتتولد الطاقة اللازمة لنشاط الإعصار عن الفروق العظيمة بين خواص التيارين. وتبدأ حركة الأهوية فى الاتجاه الرأسى لسبب لا نعرفه تمامًا، وعند ذلك يزاح الهواء الساخن إلى أعلى فى عنف وشدة، وتبدأ الدوامة عملها على بعد من سطح الأرض وحيث تتكون السحب، ومن ثم تدور الرياح ويشتد دورانها حول مركز الإعصار الذى تولد حتى تصل درجة تفوق حدود الوصف والخيال.



فى حالات «التورنادو» قد تنفجر البيوت عند ما يمر بها قمع الإعصار

ومن حسن الحظ أن خط سير مثل هذا الإعصار لا يتعدى عرضه ٣٠٠ متراً في المتوسط، وقلما يزيد طوله على ٤٠ كيلومترا، مما يحد من التلف، ويحول دون حدوثه على نطاق واسع. أما أعاصير المناطق الاستوائية فهى أشد نكالا وأعظم* دمارًا، ولذلك يطلق عليها.. اسم «النكباء». وبرغم أنها أقل جلبة وضوضاء فى أثناء سيرها عن «التورنادو» إلا أنها عاصفة أكبر ولا شك، فقد يحدث أن تغطى مساحة قدرها عدة آلاف من الكيلومترات المربعة، وبدلا من أن تستغرق زُهاء نصف دقيقة فى مرورها نجدها تمكث فى المكان الواحد نحو ٢٤ ساعة قبل أن تغادره إلى مكان آخر.

ولعل وجه الشبه بين النكباء هذه والتورنادو، سابقة الذكر، أنهما عاصفتان تدور من حولهما الرياح على هيئة دوامة عظمى. فكلمة (سيكلون) تعنى «لفة الثعبان». ويطلق الناس على هذا الإعصار المخيف أسماء مختلفة فى بقاع الأرض المتباينة: فهم يسمونه «التيفون» و«السيكلون» و«الويلى ويلى» و«الباجيويو» أما فى أمريكا فهو يسمى «الهاريكين».

وعلى طول ساحل الخليج فى أمريكا والمياه الشرقية الممتدة شمالا إلى نيو إنجلاند تجد لدى الناس إحساساً خفيًّا بالخوف من هذا الإعصار، ولكنهم يخافونه أكثر وأكثر حول خليج المكسيك و(الوست انديز)، فقد اكتسح فى الماضى كثيراً من المدن وسبب هلاك الألوف من الأرواح فى كل مرة ظهر فيها. وليس هناك ما يثير اهتمام رجال الرصد الجوى فى مكتب الأرصاد أكثر من الإنذار باقتراب (الهاريكين).

وفى العادة، كما هو الشأن فى جميع أعاصير المناطق الاستوائية، تتولد دوامة (الهاريكين) على المحيط بالقرب من خط الاستواء، وتدور الرياح حول المركز تماماً كما تدور حول مركز التورنادو، إلا أن هناك فرقاً ملحوظاً وهو وجود تيارات حمل شديدة فى مركز «التورنادو» تستطيع رفع أى سيارة وحملها بعيداً، أما فى مركز (الهاريكين) فيسود الهدوء ويعم السلام، وقد يكون هذا الهدوء مطلقاً فى بعض الأحايين، فى حين على كثب منه تهب رياح عاتية جبارة تصل سرعتها حدود ٢٤٠ من الكيلومترات فى الساعة أو أكثر. وقد يحدث أن تهب أنواء أو نفحات شديدة من الهواء تصل فيها السرعة حدود ٤٠٠ كيلومتر فى الساعة.

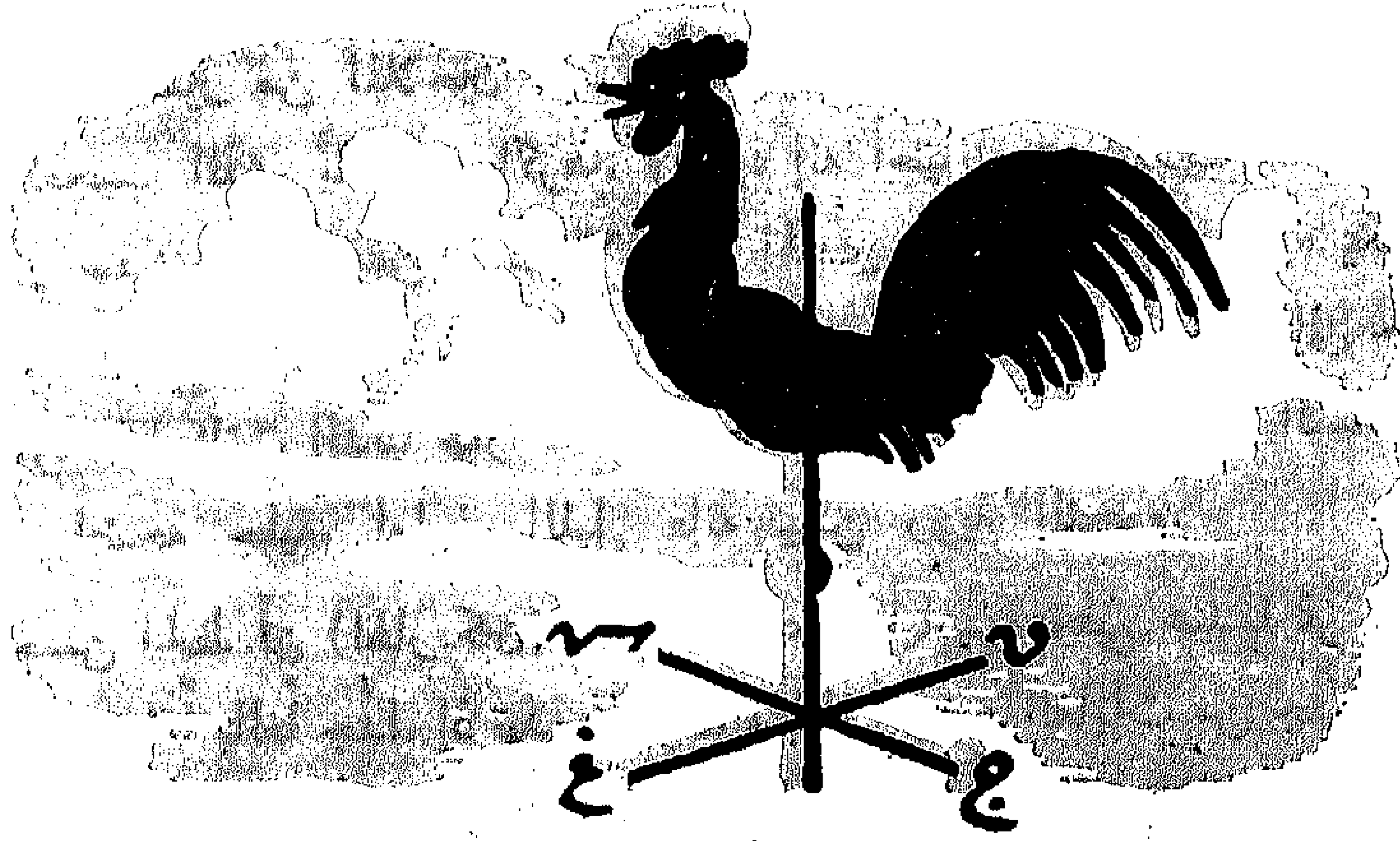
* هى أعاصير البحار الحارة التى وصفها الملاحون فى العصور الماضية وذكروا عن أهوالها الشيء الكثير.

ولقد وصف كثير من الملاحين هذه الأعاصير عندما مرت بسفنهم وذكروا السكون العجيب الذى يسود مراكزها، وقالوا إنه أحياناً يدوم ثلاث ساعات. وعندما تعبر سفينة من السفن مركز الإعصار الهادىء أو «عين الإعصار» يمكن تمييز أصوات الرياح الصاخبة من حولها بكل وضوح. وعادة تنقشع الغيوم إلى حد ما فى المركز، فإذا كانت الدنيا نهاراً نفذت أشعة الشمس وظهرت حوافى السحب فى الأفق واضحة جلية، أما فى الليل فإنه يمكن رؤية النجوم.

ومن حسن الحظ أن (الهاريكين) قلما تسير على اليابس، وهى عندما تمر على الأرض تحدث تلفاً بالغاً جدًّا، إذ تهدم البيوت والمبانى وتقلع الغابات من جذورها. ومن عجيب أمر هذه الأعاصير أن معظم ما تزهقه من أرواح البشر لا يرجع سببه المباشر إلى الرياح، فإن ثلاثة أرباع الخسائر إنما تنجم عن أمواج البحر العظيمة التى تنساب كجدار ضخم من الماء تدفعه الرياح العاصفة فوق مناطق الساحل المنخفضة. وقد يحدث أن أمواج البحر مقبلة من العاصفة على حين غرة وتباغت الناس فلا يستطيعون هرباً. ومن أمثلة ذلك الموجة التى باغتت إحدى مدن كوبا عام ١٩٣٢ وأغرقت ٢٥٠٠ شخص، وموجة خليج البنغال التى أخذت ٢٥ ألف شخص، ثم موجة هذا الخليج نفسه التى أزهقت ٣٠٠ ألف نفس.

وليس على الأرض عاصفة تجعل الإنسان يشعر بضآلته وقلة حيلته مثل (الهاريكين)، وليس من شك أن من صادفها لن ينساها طول حياته. وفى هذا العصر الذى غزا فيه الإنسان الفضاء نجده لا يعقد كثيراً من الأمل للسيطرة على (الهاريكين) أو الحد من أذاها، فإن القوى والطاقات التى تصاحبها تبلغ من الكبر والضخامة ما يحمل الإنسان على التخاذل أمامها وعدم التفكير فى السيطرة عليها، حتى ولو كحلم من الأحلام. فمثل هذا الطقس هو فوق مستوى قوى البشر اليوم، وسيظل كذلك إلى الأبد. فكل ما يمكننا عمله هو أن نرصد الجو، ونعطى تقارير عنه، ونذيع التنبؤات والإنذارات أو التحذيرات الخاصة به.





٨
كيف نقيس ونرصد عناصر الجو

الرصد وعمل التقارير وإعداد التنبؤات وإذاعة التحذيرات الجوية كلها عمليات يحاول إنجازها رجل الأرصاد الجوية. والآن وقد تحدثنا عن جو الأرض وناقشنا الأدوار المختلفة التى يقوم بها بقى علينا أن نعرف كيف يؤدى رجل الأرصاد عمله.

ولنبدأ قبل كل شىء بزيارة أحد الأماكن التى يرصد فيها الناس عناصر الجو ويقيسونها. فما الذى يريدون الحصول عليه؟ بطبيعة الحال إنهم وراء كل ما يمكن رصده، فكل فرصة تتيح لنا جمع المعلومات تزيد من معرفتنا بالجو وأساليبه. وفيما يلى أهم العناصر:

١ – الضغط الجوى.
٢ – اتجاه الرياح.
٣ – سرعة الرياح.
٤ – درجة حرارة الهواء.
٥ – الرطوبة.
٦ – كمية السحاب ونوعه وارتفاعه.

٧ - كمية المطر أو الثلج الذى سقط.

٨ - مدى الرؤية.

وتكوّن هذه العناصر مجتمعة ما نسميه الطقس. ولنتعرف الآن على بعض الأجهزة التى يستخدمها رجل الأرصاد ليرصد هذه العناصر ويقيسها.

ويلفت نظرنا عدد وفير من الأجهزة القديمة المألوفة قبل أن ندخل مكتب الأرصاد، وهى المثبتة فى العراء أعلى المبنى. هذه الأجهزة هى أجهزة قياس الريح وبجانبها مقياس المطر، ثم كشك الترمومترات.

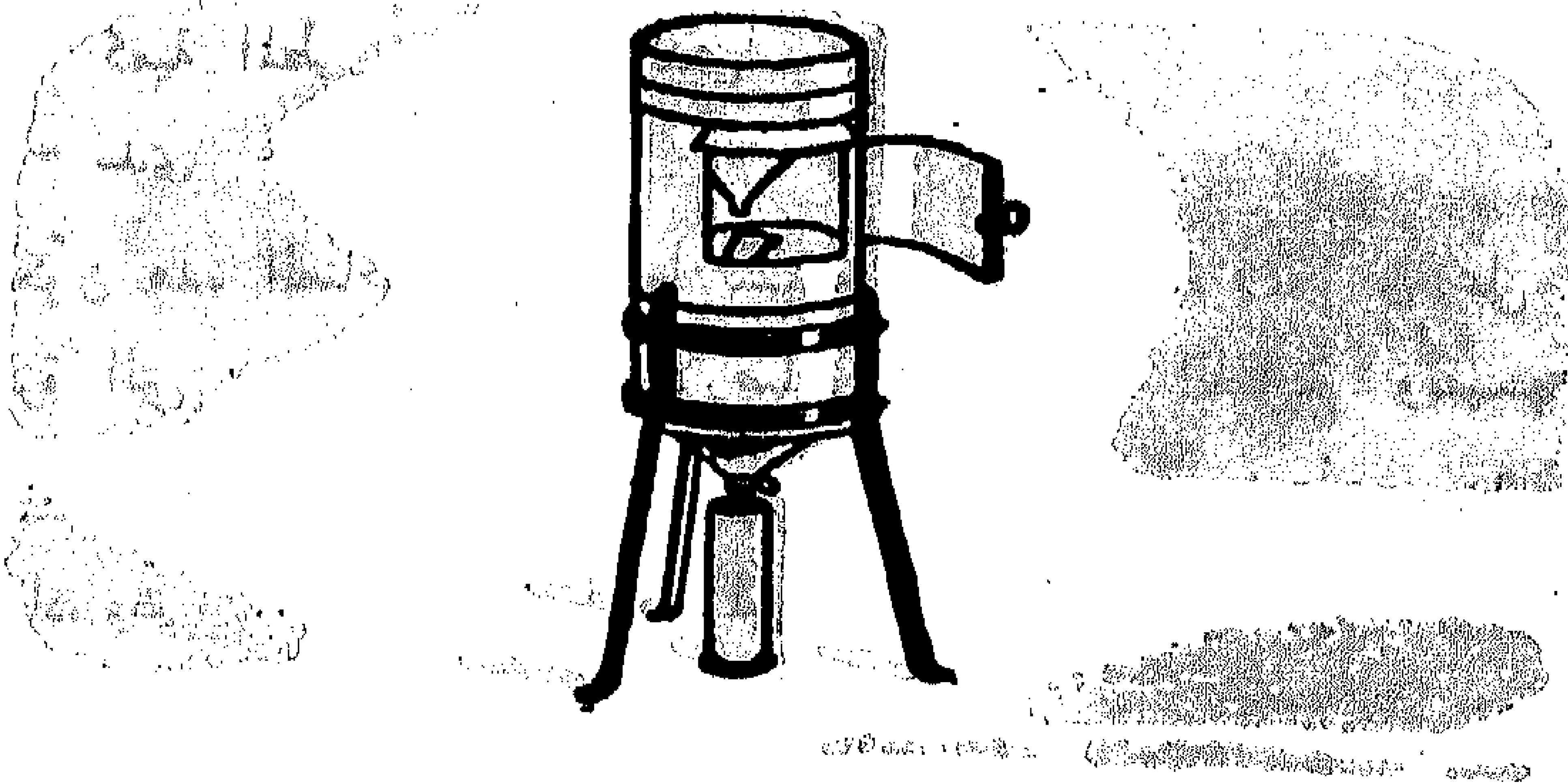
وسوف نبدأ بمقياس المطر، لأنه أقدم أجهزة الرصد الجوى فى العالم. فمنذ القدم عندما عرف الإنسان الزراعة تطلع إلى قياس كميات المطر، وسرعان ما توصل إلى طريقة لقياسها، فقد عرف أن الإناء المفتوح عندما يوضع فى العراء يمكن أن يقيس كميات المطر ولو بطريقة تقريبية. وعلى أية حال فإن استكشافه هذا ما زال يستخدم حتى الآن، برغم ما أدخلناه عليه من أفكار حديثة.

فأى إناء معتدل الجوانب عندما يوضع بعيداً عن الشجر وغيره من الأجسام التى تعوق وصول المطر المتساقط إليه، يمكن أن يؤدى الغرض بنجاح تام، إلا أن هنالك مشكلة واحدة؛ فالمطر المتساقط على الأرض المسطحة لا يظهر أثره بوضوح، وقد لا تزيد قيمة الرخات الشديدة منه على بضعة سنتيمترات. ولهذا السبب تقاس كميات المطر بالمليمتر، على أن يكون فى وسعنا كذلك قياسها إلى أقرب جزء من المليمتر، وذلك نظراً لعظم أهمية المطر المتساقط مهما قلت كمياته. فمعنى جزء من المليمتر أن الكمية المتساقطة على الفدان الواحد لا تقل عن طن كاملٍ من الماء!

وإذاً ماذا علينا أن نفعل؟

علينا أن نجمع المطر فى وعاء كبير، ثم نعمد إلى تفريغه فى وعاء آخر أو أنبوبة مساحة قاعدتها عشر مساحة قاعدة الوعاء الأول، وبذلك نحصل على ارتفاع لكمية المطر المتساقط يعادل عشرة أمثال الارتفاع فى الوعاء الأول، وبذلك يصبح فى الإمكان قياس كمية الهطول إلى أقرب جزء من المليمتر.

وبطبيعة الحال لا يرصد لنا هذا الجهاز وقت نزول المطر، فهذه مسألة تحتاج إلى تصميم أكثر مهارة ودقة، ولكنك تستطيع أن تتأكد أن مثل هذا الجهاز موجود



يستخدم رجل الأرصاد الجوية جهاز الدلو ذى القمع هذا لقياس كميات الهطول

بالفعل، ويطلق عليه اسم «الدلو الساكب»، وهو عبارة عن دلو صغير «عريض» عليه تدريج فى الوسط يوضع فى حالة اتزان* تحت القمع الذى يجمع المطر. وعندما تتساقط كمية قدرها جزء من المليمتر، وتجرى إلى جانب من جوانب الدلو وتستقر فيه، نجد أن جانب الدلو هذا ينغمس فى الحال ليجرى الماء الذى جمعه إلى مقياس المطر المثبت فى أسفل الجهاز وفى الوقت نفسه ينجم عن هذا الانغماس أن يتعرض الجانب الآخر من الدلو تعرضاً مباشراً للقمع الذى يجمع ماء المطر، فلا يكاد ينزل فيه جزء من المليمتر من هذا الماء حتى ينغمس بدوره. وعندما يميل هذا الجانب يفرغ الماء الذى جمعه فى مقياس المطر، على حين يتعرض الجانب الآخر للدلو تعريضاً مباشر للقمع مرة أخرى. وهكذا تجد أن المطر نفسه هو الذى يقوم بالعملية كلها.

ولكن ليست هذه هى القصة كلها، فهناك أسلاك كهربية تصل الدلو الساكب هذا بجهاز التسجيل المثبت فى المكتب، بحيث إنه كلما انغمس الدلو مرة عملت ريشة فى المكتب علامة على لوحة التسجيل، وبذلك نعرف تماماً اللحظة التى تحدث فيها هذه العملية.

أما الثلج فهو يقاس بطريقتين: تتضمن الطريقة الأولى غمس عصا داخل الثلج المتجمع على أرض مستوية. وتكرر هذه العملية ثلاث مرات ثم يؤخذ

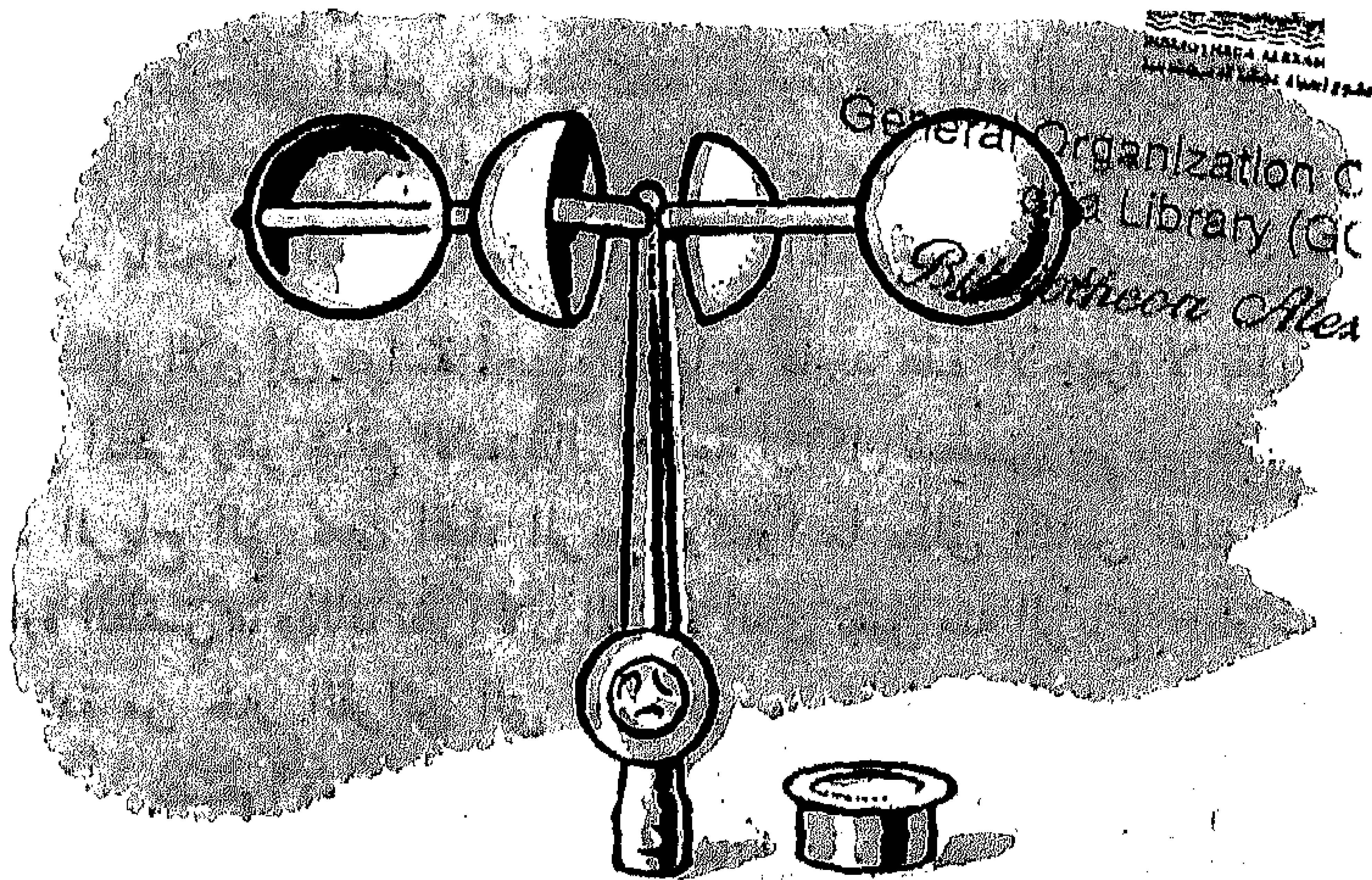
* هو أشبه شىء بإحدى كفتى ميزان حساس تنغمس كفته بمجرد أن يتجمع فيها جزء من المليمتر من الماء.

متوسط سمك الثلج الذى هطل على فرض أنه لم ينصهر. وفى الطريقة الثانية يصهر الثلج المتجمع فى المقياس الخاص ثم تقاس كمية الماء الناجمة عن الانصهار. وفى العادة يتم صهر الثلج بإضافة كمية معروفة من الماء الساخن إليه، ثم تقاس كمية الماء الناجمة عن هذا المخلوط ويطرح منها مقدار الماء الساخن الذى أضيف. وقد وجد بالتجربة أنه غالباً ما يكون عمق الماء نحو عشر عمق الثلج المنصهر.

ولننتقل الآن إلى دراسة أجهزة الرياح، فأحد هذه الأجهزة لا يقل قدماً عن مقياس المطر، وهو شائع الاستعمال لدرجة أن كل شخص يعرفه. هذا الجهاز هو دوارة الرياح التى تعين اتجاه الريح. وكثيرًا ما يطلق الناس عليها أيضاً اسم «دوارة الطقس»، وذلك نظراً لأن الاتجاه الذى تقبل منه الرياح – أو تهب منه – هو عادة من خير القرائن التى تعين على معرفة الجو المقبل. واعتاد الناس فى الماضى أن يصنعوا دوارة الرياح على هيئة ديك، أما الدوارات الحديثة فقد جرت العادة على أن يُثبت فى رأس كل منها سهم، وفى القاعدة ذيل يستقيم مع اتجاه حركة الهواء، بحيث يشير السهم إلى الاتجاه الذى تقبل منه الرياح. وتتصل دوارة الرياح التى يستخدمها رجل الأرصاد بمكتبه بوساطة أسلاك كهربية لكى يتم تسجيل اتجاه الرياح على صحيفة من الورق ملفوفة حول أسطوانة تديرها ساعة خاصة.

وتحت دوارة الرياح التى فى أعلى المبنى تحمل ذراع قصيرة جهازاً آخر للرياح، هو مقياس السرعة الذى يعرف عادة باسم (الأنيمومتر). وأكثر أنواع الأنيمومترات شيوعاً فى الولايات المتحدة الأمريكية نوع له أربع طاسات تديرها الرياح بحيث تتناسب سرعة دورانها مع سرعة الريح. وتتصل معظم الأنيمومترات بسلك كهربى مع جهاز التسجيل فى المكتب. ويسجل هذا الجهاز السرعة بالكيلومترات فى الساعة على أسطوانة تديرها ساعة خاصة كذلك. ويتصل البعض الآخر بجهاز الطنين الكهربى؛ بحيث يستطيع الراصد الجوى عندما يضغط على زر خاص أن يسمع دقات الجهاز ويعين عددها فى الدقيقة، ومن ثم يعين سرعة الريح بالكيلومترات فى الساعة.

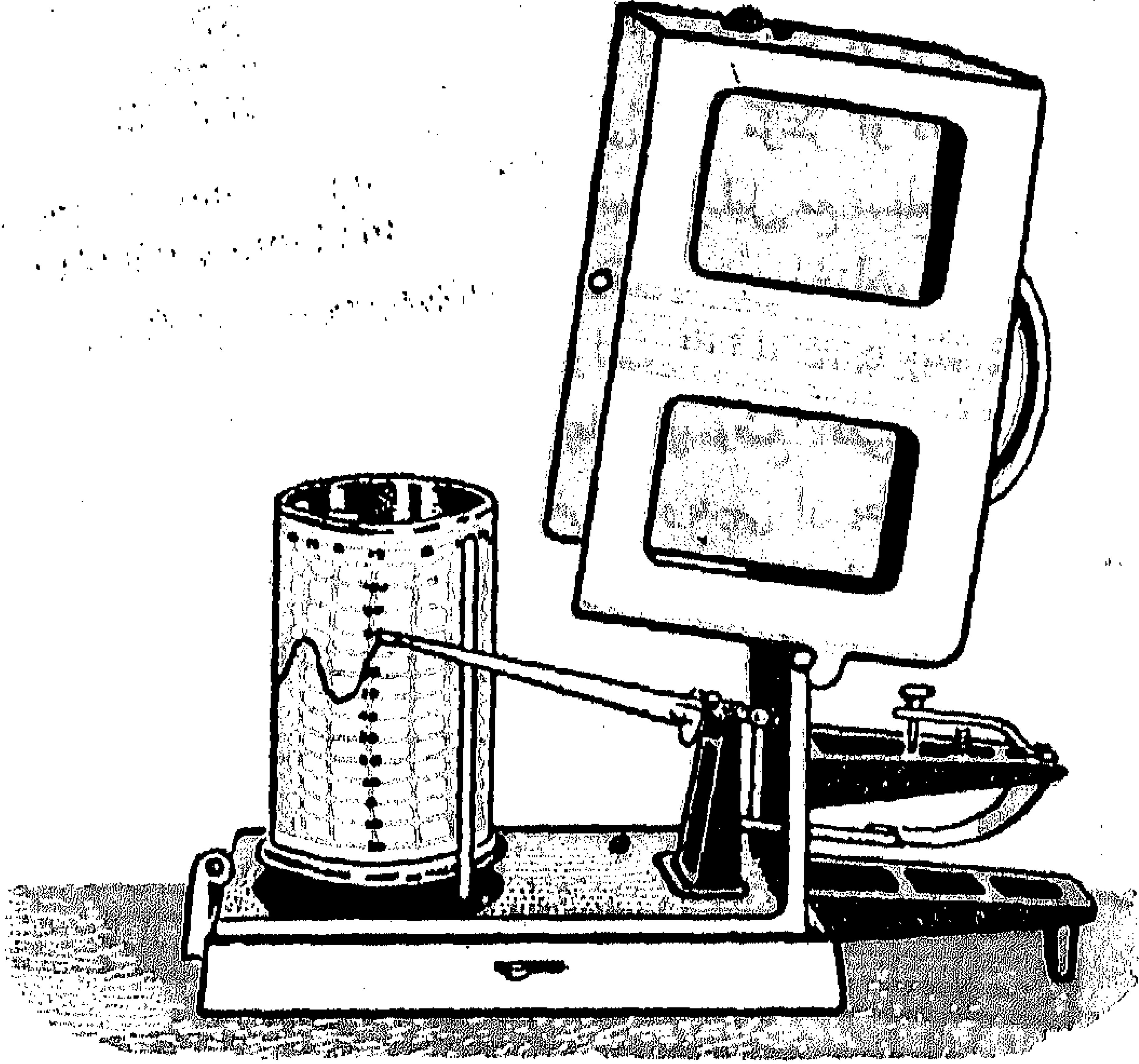
وآخر أنواع الأجهزة المثبتة فى الخارج، ولكن داخل حظيرة خاصة (كشك) تحميها من أشعة الشمس المباشرة وغوائل المطر والثلج، هى الترمومترات. والترمومتر كما تعلم يقيس لنا درجة الحرارة، فالترمومتر الطبى يعين درجة حرارة



تقاس سرعة الرياح باستعمال جهاز الأنيمومتر ذى الطاسات الأربع

الجسم، أما ترمومتر رجل الأرصاد الجوية فهو يقيس درجة حرارة الهواء. ويحتوى خزان الترمومتر على مقدار من الزئبق، فإذا ما اكتسب الخزان أى كمية من الحرارة تمدد الزئبق الذى فيه (أو ازداد حجمه) واندفع إلى ساق الترمومتر. وبطبيعة الحال كلما ارتفعت درجة الحرارة اندفع الزئبق فى الساق مسافة أكبر.

ويحتوى (الكشك) على عدد غير قليل من الترمومترات يسجل أحدها درجة الحرارة باستمرار ويعرف باسم (الثيرموجراف)، أو راسم تغيرات درجة الحرارة، وهو نوع فريد من الترمومترات يتكون فى العادة من أنبوبة ملتوية من المعدن بدلا من الزجاج بها كمية من الكحول. وعندما تتغير درجة الحرارة بالارتفاع أو الانخفاض يتغير انحناء الأنبوبة تبعاً لذلك. وهناك ريشة تسجيل مثبتة فى أحد طرفى الأنبوبة. وتتحرك هذه الريشة كلما تغير شكل الأنبوبة، وترسم بذلك منحنياً على صفحة من الورق ملفوفة حول أسطوانة تدور. وفى العادة تقسم الصفحة إلى ساعات بحيث يستطيع رجل الأرصاد أن يعين درجة الحرارة فى أى ساعة من ساعات اليوم. وفى معظم أجهزة (الثيرموجراف) تتم الأسطوانة دورة كاملة فى أسبوع تغير الورقة بعده.

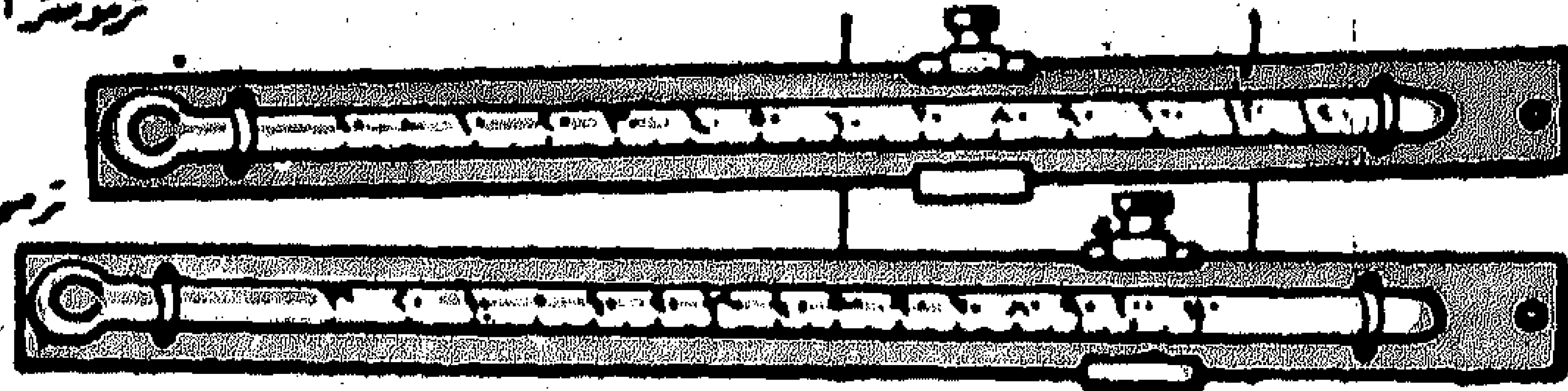


تسجل ريشة (الثيرموجراف) التغيرات التى تطرأ على درجة الحرارة

وبطبيعة الحال يتطلع الناس دائماً إلى معرفة النهاية العظمى لدرجة الحرارة، وكذلك نهايتها الصغرى كل يوم. ويتم تسجيلهما بوساطة ترمومترين فى الكشك يخصصان لهذه العملية. ففى الترمومتر الأول يصعد الزئبق فى الساق كلما ارتفعت درجة الحرارة، حتى إذا ما بلغت نهايتها العظمى ثم أخذت تنخفض يبقى الزئبق فى ساق الترمومتر على حاله ولا يرتد إلى الخزان. وهذا الترمومتر يعمل على غرار الترمومتر الطبى؛ إذ يوجد اختناق أعلى الخزان يتدفق منه الزئبق إلى الساق بقوة التمدد عندما ترتفع درجة الحرارة، ولكنه لا يستطيع العودة خلاله إلى الخزان عندما تنخفض درجة الحرارة وينكمش الزئبق. ولكى يعاد زئبق الساق إلى الخزان يجب أن يرج الترمومتر بعنف أو يطرق بلطف.

أما الترمومتر الثانى فهو يهبط كلما انخفضت درجة الحرارة، حتى إذا ما بلغت نهايتها الصغرى ثم أخذت ترتفع بعد ذلك بقى الترمومتر على حاله. ويستخدم الكحول فى هذه الحالة بدلا من الزئبق، وذلك نظراً لأن الكحول يتجمد فى

درجات حرارة منخفضة، ولهذا يمكن أن يؤدى عمله فى أشد حالات الجو برودة. ويوجد فى ساق الترمومتر الكحولى هذا مؤشر أو دليل يطفو على الكحول. فعندما تنخفض درجة الحرارة يتراجع الدليل مع سطح الكحول الذى فى نهاية عمود الكحول الموجود بالساق ويقترب من الخزان. ولكن عندما ترتفع درجة الحرارة يتدفق الكحول حول جوانب الدليل تاركاً إياه فى مكانه أو حيث هو بالساق ويوضع هذا الترمومتر عادة فى وضع أفقى، ولهذا يعين طرف الدليل الخارجى دائماً درجة الحرارة الصغرى. وبديهى أن يطلق على هذا الترمومتر اسم (ترمومتر النهاية الصغرى) إذ أن وظيفته تعيين النهاية الصغرى لدرجات الحرارة، أما الترمومتر الأول فهو (ترمومتر النهاية العظمى). ويطلق عليهما المختصون فى مكتب الأرصاد اسم ترمومترى النهايتين.



ترمومتران توءمان يسجلان النهايتين العظمى والصغرى لدرجة الحرارة

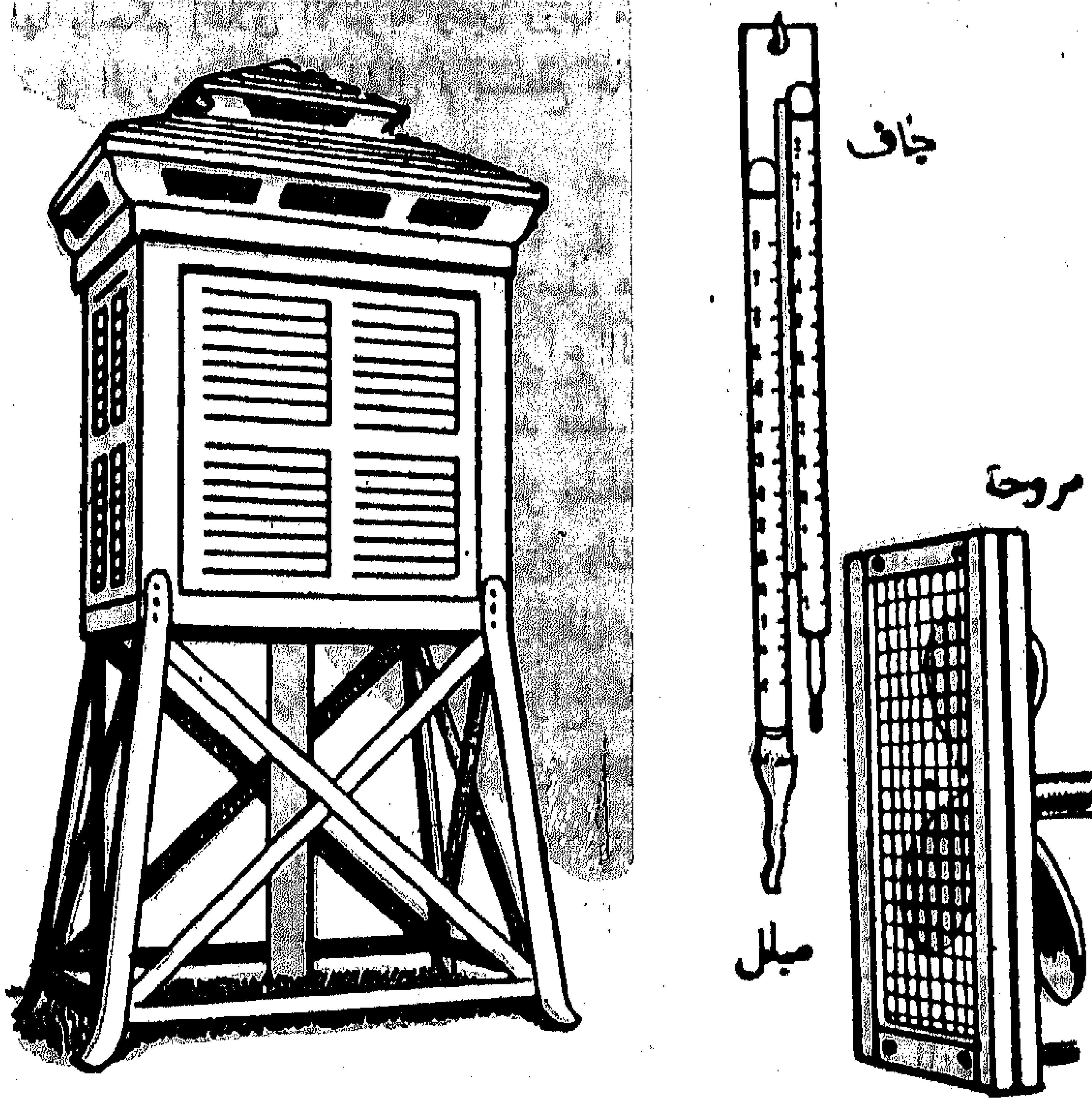
ويوجد فى الكشك كذلك زوج آخر من الترمومترات قوامه الترمومتر المبلل والترمومتر الجاف. ويسمى الترمومتر المبلل بهذا الاسم نظراً لأن خزانه يغطى بقطعة من الشاش، يعمد الراصد إلى بلها بالماء وإمرار تيار هوائى عليها من مروحة خاصة قبل أن يأخذ قراءة الترمومتر وعندما يتبخر الماء الذى بالشاش تنخفض درجة حرارة الترمومتر وبطبيعة الحال يزداد البخر كلما ازداد جفاف الهواء، ومن ثم يعظم انخفاض درجة الحرارة. ويأخذ الراصد قراءة كل ترمومتر على حدة ثم يعين الفرق بينهما. ومن هذا الفرق يستطيع أن يعين الرطوبة وكذلك نقطة الندى دون أن يحتاج إلى عمل أى عملية حسابية، وعليه فقط أن يرجع إلى جداول خاصة حسبت فيها هذه العناصر.

وأحياناً يطلق على الترمومترين المبلل والجاف اسم (السيكرومتر) وهو جهاز برغم دقته المتناهية لا يعطينا تسجيلا مستمراً للرطوبة ترسمه ريشة على الورق.

ولهذا السبب تجد داخل «كشك» الأرصاد جهازاً خاصًّا يقوم بهذه العملية ويسمَّى «الهيجروجراف» أو مسجل درجة الرطوبة.

وطريقة عمل الهيجروجراف هى طريقة دقيقة جدًّا، فأنت ربما تعرف أن الشعر يستطيل أو يتهدل بازدياد رطوبة الهواء، وينكمش بالجفاف، وقد استخدمت هذه الظاهرة فى عمل «الهيجروجراف». ويتركب الجهاز من خصلة من شعر البشر تشد إلى ريشة تسجيل؛ بحيث إذا ما تغير طول الشعر رسمت الريشة هذا التغير على ورقة متحركة.

والقاعدة ألا توضع جميع الأجهزة فى «الكشك» أو فى العراء، فالضغط الجوى مثلا يمكن أن يقاس خارج مكتب الأرصاد أو داخله على السواء، دون أن يطرأ عليه تغير، وخير للراصد أن يخطو خطوة أو خطوتين داخل مكتبه إلى حيث يعلق البارومتر ليقرأ الضغط الجوى.



توجد فى كشك الأرصاد مروحة وترمومتر جاف وآخر مبلل

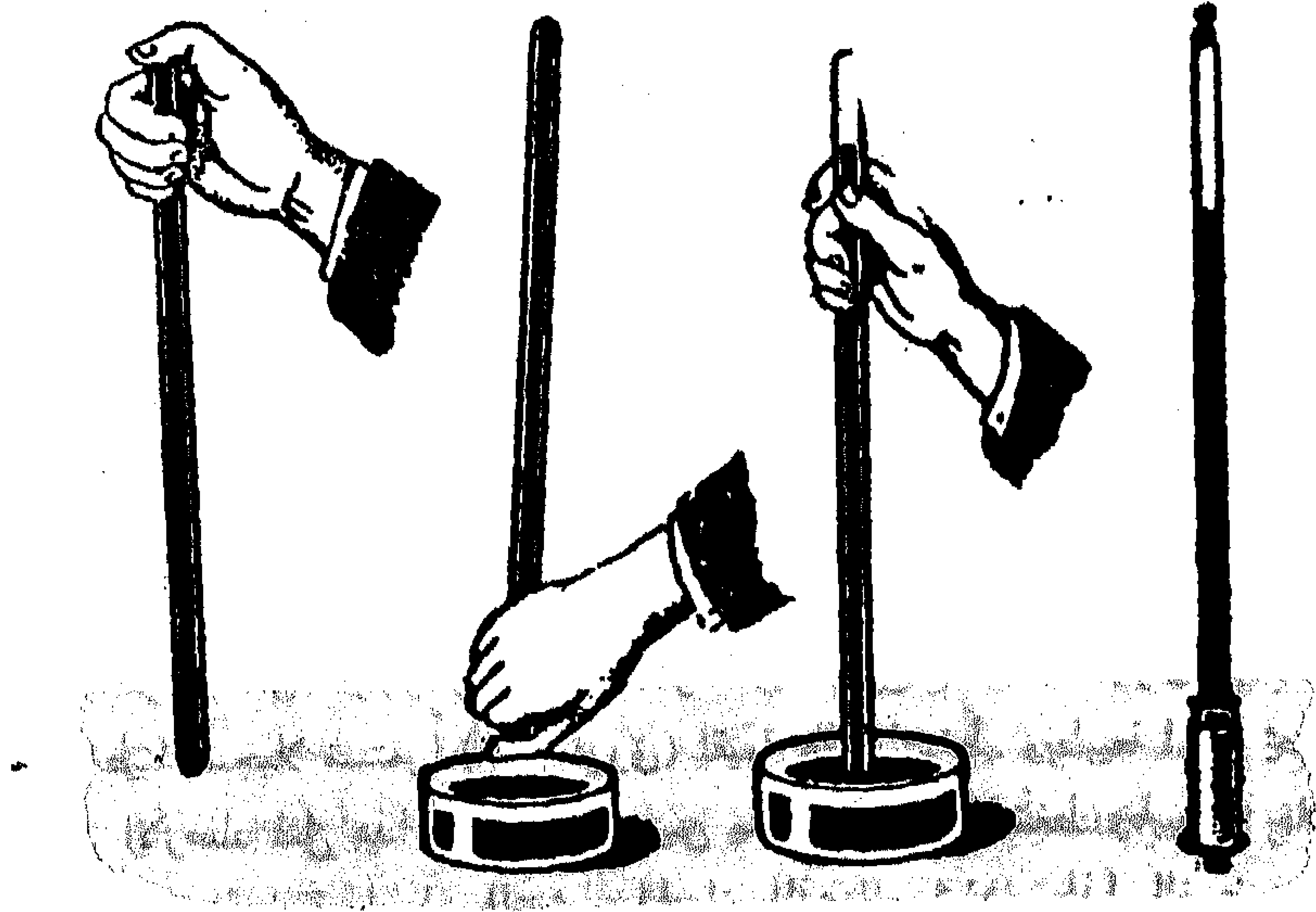
وفى الواقع نجد أن البارومتر من أهم أجهزة الرصد التى يستخدمها رجل الأرصاد الجوية، وذلك نظراً لأن تغيرات الضغط يصحبها تقلبات الجو. فمثلا قد يدل هبوط الضغط الجوى دلالة واضحة على اقتراب جو ردىء، فى حين يدل ارتفاع الضغط الجوى عموماً على الجو الهادئ.

وليس البارومتر من أجهزة الرصد القديمة كقدم مقياس المطر أو دوارة الرياح، إلا أنه يعتبر على أية حال غير حديث، إذ يرجع تاريخه إلى ثلاثة قرون مضت، أو إلى ما بعد عصر الفلكى الكبير جاليليو بفترة وجيزة.

ولقد اهتم جاليليو نفسه بمسألة تعيين وزن الغلاف الجوى للأرض، فقد كان على يقين من أن للهواء وزناً برغم أننا لا نراه، وأجرى تجربة للتدليل على ذلك، بأن أخذ أنبوبة بها كمية من الهواء وعين وزنها، ثم ضغط كمية إضافية من الهواء داخلها وأحكم إغلاق الأنبوبة وعين وزنها مرة أخرى، وعند ذلك وجد زيادة طفيفة فى الوزن. وبطبيعة الحال لم يستطع جاليليو أن يعين وزن الهواء كله بهذه التجربة.

والذى قام بهذه العملية تلميذ من تلاميذه هو تورشيلى، فقد توصل إلى طريقة عين بها وزن الغلاف الجوى بأن اخترع البارومتر. وقد ملأ تورشيلى أنبوبة زجاجية طويلة، مفتوحة من طرف واحد فقط، بمعدن الزئبق، ثم وضع إصبعه على الطرف المفتوح ونكس الأنبوبة واستمر يضغط بإصبعه حتى لا ينسكب الزئبق، وغمس طرفها المفتوح فى حوض الزئبق. وعندما أزاح إصبعه انسكب قليل من الزئبق من داخل الأنبوبة إلى الحوض وظل باقى عمود الزئبق كما هو، وقد بلغ طوله نحو ٧٦ سنتيمترا، وبقى هناك فراغ كامل فى أعلى الأنبوبة إذ لم يتسرب إليه الهواء بعد أن انسكب قليل من زئبق الأنبوبة.

والآن لماذا بقى طول عمود الزئبق فى الأنبوبة على كل هذا القدر؟ الجواب على ذلك أن الهواء الجوى كان يضغط على هذا العمود عن طريق ضغطه على الزئبق الذى فى الحوض بما يعادل على وحدة المساحات وزن من ٧٤ إلى ٧٦ سنتيمترا من الزئبق المعروف بعظم كثافته. فإذا كان طول أنبوبة الزجاج أقل من هذا القدر لا يتكون فراغ فى قمتها عندما تنكس ولا ينسكب زئبقها بتاتاً.



أجرى تورشيلى تجاربه باستخدام أنبوبة طويلة مملوءة بالزئبق

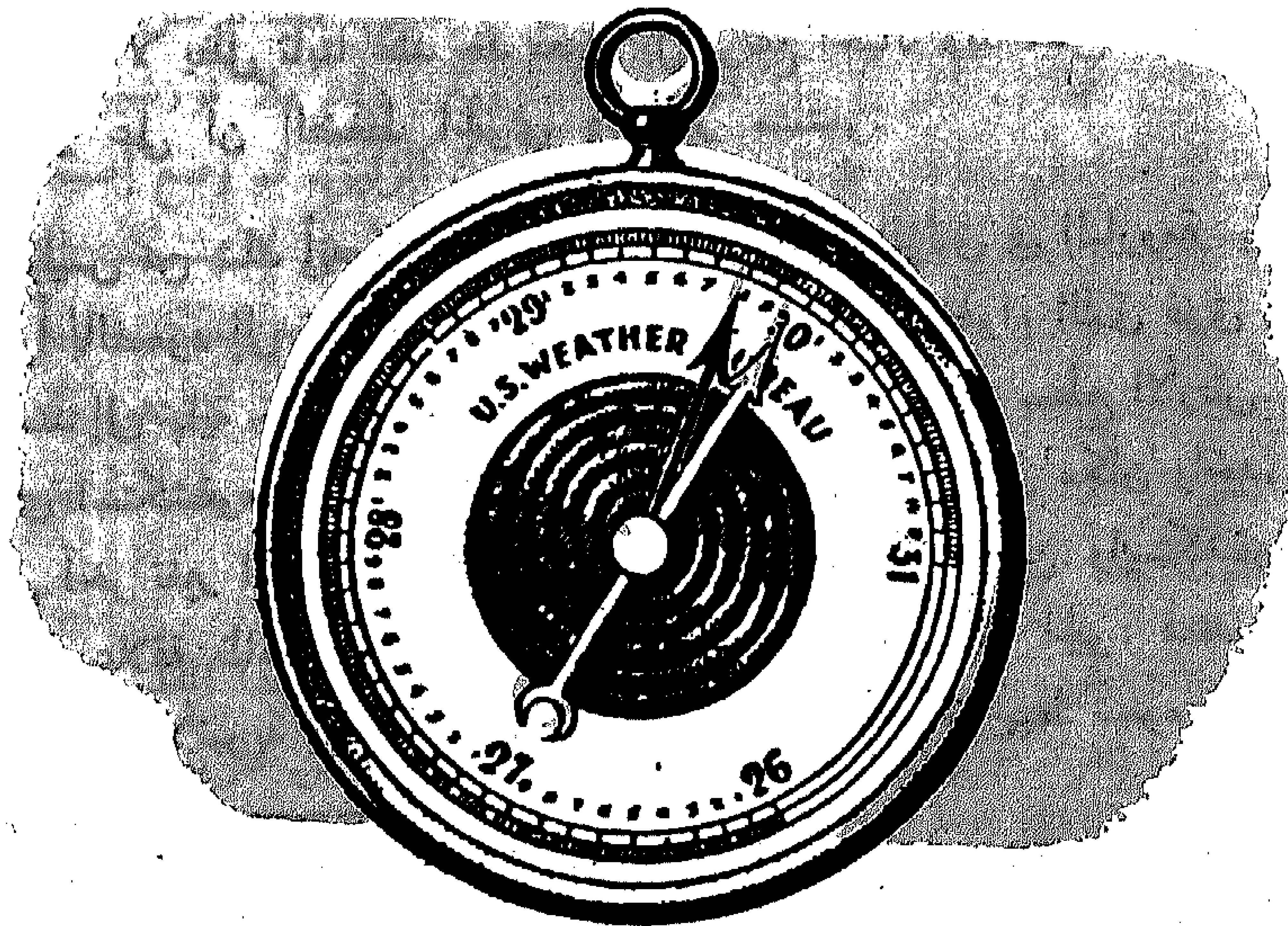
وهكذا عرف تورشيلى كيف يعين وزن الغلاف الهوائى أو كتلته* وسرعان ما تم كشف مسألة أخرى مثيرة؛ فقد لاحظ الناس أن ارتفاع عمود الزئبق فى البارومتر لا يظل ثابتًا عند حد معين، بل يرتفع أحياناً وينخفض أحياناً أخرى، مما دل على أن الضغط الجوى فى تغير مستمر.

وليس من شك أنه كان معروفًا أن طول عمود الزئبق فى البارومتر ينخفض كثيراً بالصعود إلى قمم الجبال، وذلك لأن طول عمود الهواء الذى فوق رءوسنا والممتد إلى نهاية جو الأرض من أعلى يقل كلما ارتفعنا فوق سطح الأرض. ولكن الذى استكشفوه هو تغير طول هذا العمود بمرور الزمن فى مكان واحد، أو فى معنى آخر تغير الضغط الجوى بالصعود أو الهبوط بتغير الزمن. واستكشفوا أيضاً وجود علاقة ظاهرة بين تغيرات الضغط الجوى وتقلبات الجو: فعندما يرتفع الزئبق فى الأنبوبة يميل الجو عموماً إلى التحسن، وعندما يهبط تسوء حالة الجو.

* جلى إذاً أن كتلة الغلاف الهوائى هى حاصل ضرب مساحة سطح الأرض فى كتلة عمود من الزئبق طوله نحو ٧٦ سنتيمترا. ولما كانت كتلة هذا العمود هى كيلوجرام واحد على السنتيمتر المربع فقد وجد أن كتلة الغلاف الجوى بأسره تعادل (٥ متبوعة بثمانية عشر من الأصفار) من الكيلوجرامات!

وهكذا بدأ البارومتر فى الظهور كجهاز يستخدم فى أعمال التنبؤ بالطقس أو حالة الجو المقبلة. ولقد عمد صانعو البارومترات إلى تدوين نوع الطقس المنتظر على تدريج البارومتر، فكتبوا مثلا «جو عاصف»، و «مطر»، و «تغير فى الجو»، و «لا بأس» و «جاف جدًّا»، وهكذا... ومازالت مثل هذه التأشيرات تستعمل حتى يومنا هذا، وهى تفيد بعض الشىء فى التنبؤ بالطقس المقبل. وبرغم أن كل المتنبئين الجويين فى هذا العصر يستخدمون وسائل أخرى كما سيتبين لنا فيما بعد، إلا أنّ أغلبهم سوف يقولون لك إن البارومتر لايزال هو أهم جهاز يستخدمونه فى أعمال الرصد والتنبؤ الجوى.

والمعروف أن البارومتر الزئبقى هو أدق قياس الضغط الجوى، إلا أنه لا يعطينا تسجيلا مستمراً (على الورق) لقيمة هذا الضغط. وبطبيعة الحال يحتاج رجل الأرصاد لمثل هذا التسجيل ليدرس مدى تغيرات الضغط وطبيعتها خلال الساعات السابقة لعمل التنبؤ. والجهاز الذى يستخدم لهذا الغرض هو (الباروجراف) أو (مسجل الضغط)، وهو عبارة عن صندوق من المعدن الخفيف يفرغ من الهواء ويستخدم بدلا من أنبوبة البارومتر الزئبقى. فعندما يرتفع الضغط الجوى يضغط على جدران الصندوق فتنكمش قليلا، ويحدث العكس

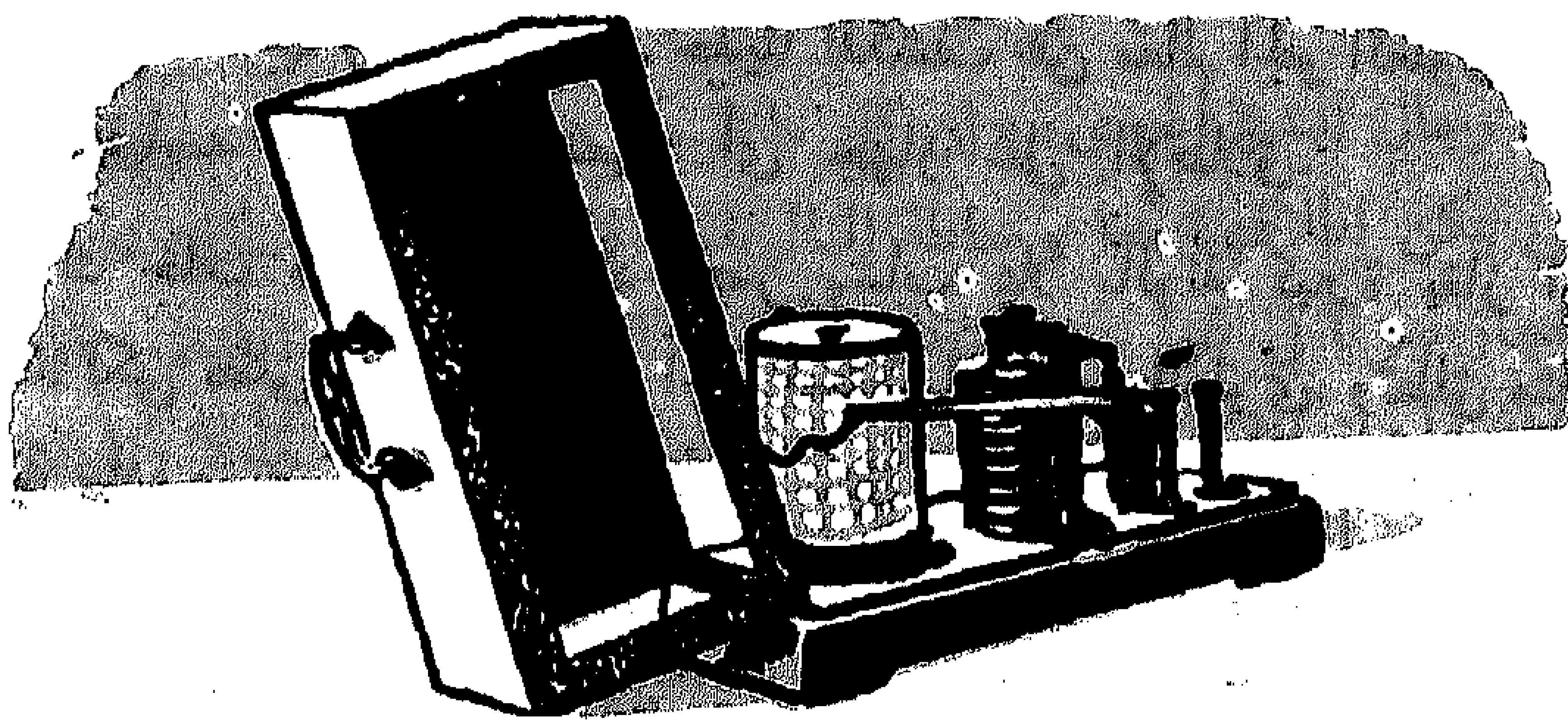


عندما يرتفع البارومتر يسود جو لطيف عموماً

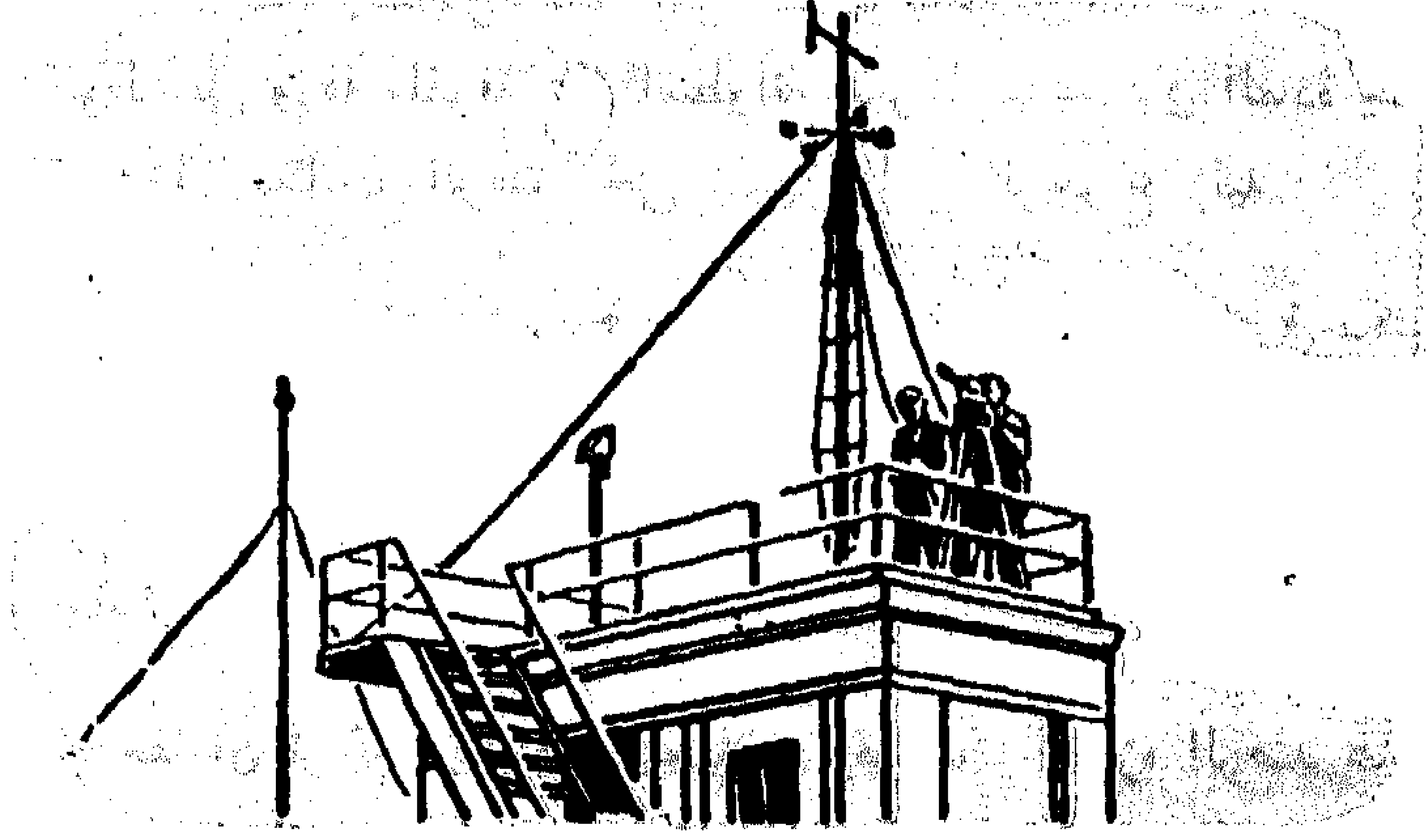
عندما ينخفض الضغط. وتسجل هذه الحركات بوساطة ريشة خاصة تتحرك بالصعود والهبوط على ورقة ملفوفة على اسطوانة تديرها ساعة. وفى العادة يحفظ الباروجراف داخل مكاتب الرصد حتى يسهل أمر الرجوع إليه.

ومما يسهل طبيعة العمل أن تكون جميع هذه التسجيلات والقراءات فى مكتب الأرصاد تحت يد رجل الأرصاد، بحيث لا يحتاج إلى الصعود إلى أعلى المبنى فى كل مرة يسأل فيها عن حالة الجو السائد مثل سرعة الرياح واتجاهها أو درجة الحرارة أو مقدار الهطول إلخ.

ومن المثير حقًّا أن تراقب بنفسك تسجيلات وقراءات أجهزة الرصد عندما تسود عاصفة شديدة وأنت داخل مكتب الأرصاد. فإذا ما عصفت الرياح بشدة حول المبنى يمكنك وأنت فى الداخل أن تعرف سرعة هذه الرياح بمجرد تتبع حركة ريشة مسجل سرعة الرياح التى ترسم خطوطًا متكسرة بشدة فى مثل هذه الحالة. وإذا ما تساقط مطر غزير سجل هذاالمطر بعلامة على اللوحة الخاصة لكل جزء من مائة جزء من المليمتر. ويمكنك أن ترى على الباروجراف كيف يهبط الضغط الجوى سريعاً فى بدء أمر العاصفة. وتستطيع كذلك أن تتبين أمر العاصفة أسوف تستمر أم تشتد، حتى إذا ما بدأت الريشة فى الارتفاع على ورقة الباروجراف ظهر الأمل فى التحسن.



يتغير المنحنى الذى ترسمه ريشة الباروجراف تبعاً لتغيرات الضغط الجوى



٩
ماذا يجرى فى أعالى الجو؟

إن كل الأجهزة التى رأيناها حتى الآن فى مكتب الأرصاد، هى أجهزة قديمة، بمعنى أنها استخدمت منذ عشرات السنين فى مكاتب الأرصاد من أجل قياس عناصر الجو على سطح الأرض، وبقى علينا أن نعرف شيئاً عن بعض الأجهزة الغريبة التى أمد بها رجل الأرصاد حديثاً للكشف عن معالم الجو العلوى، وكذلك ما يمكن قياسه من غير استعمال أى جهاز على الإطلاق.

وهناك خلف مكتب الأرصاد نبصر بشاب يملأ بالونة كبيرة بغاز الهيليوم الخفيف، لكى تطلق بعد دقائق من أجل استكشاف الجو العلوى. وتطلق مثل هذه البالونة عادة مرتين فى اليوم فى أكثر من ستين محطة* فى الولايات المتحدة. وتحمل كل بالونة صندوقاً ومظلة هبوط يمكن أن يهبط بها الصندوق إلى الأرض بعد أن تنفجر البالونة فى الجو العلوى.

وما هذا الصندوق فى الواقع إلا حصيلة أحلام كثير من البشر ممن يعملون فى مكاتب الأرصاد، أو حتى فى خارجها. فمنذ نحو خمسين سنة مضت اعتقد العلماء

* فى أكثر من أربع محطات فى جمهورية مصر العربية.

أننا لن نحرز أى تقدم فى ميدان التنبؤات الجوية ما لم نعرف شيئاً عن جو الأرض العلوى، أو على الأقل درجة الحرارة والضغط ومقدار الرطوبة على تلك الارتفاعات.

ولكن كيف يمكن تحقيق ذلك والأجهزة التى تسجل هذه العناصر ثقيلة بحيث يصعب حملها؟ وحتى إذا ما أرسلت بالبالونات كان من اللازم إعادتها سالمة بمظلات الهبوط، وكان على رجال الأرصاد الجوية أن ينتظروا حتى تعود هذه الأجهزة إلى الأرض وتستخرج القراءات المطلوبة من تسجيلاتها. وخلال هذه الفترة كلها يكون الجو قد تغير والحال قد تبدل!

وعملت محاولات لإرسال أجهزة الرصد بوساطة الطيارات (على غرار تلك التى يلعب بها الأطفال)، إلا أن الطيارات لم تكن تصل إلى الارتفاعات المطلوبة، كما أنها فى حالات هدوء الرياح وخفتها كانت لا تطير بتاتاً. وبالإضافة إلى كل هذا أصبحت الأسلاك التى كانت تشد بها تلك الطيارات خطراً جديداً على الطائرات.

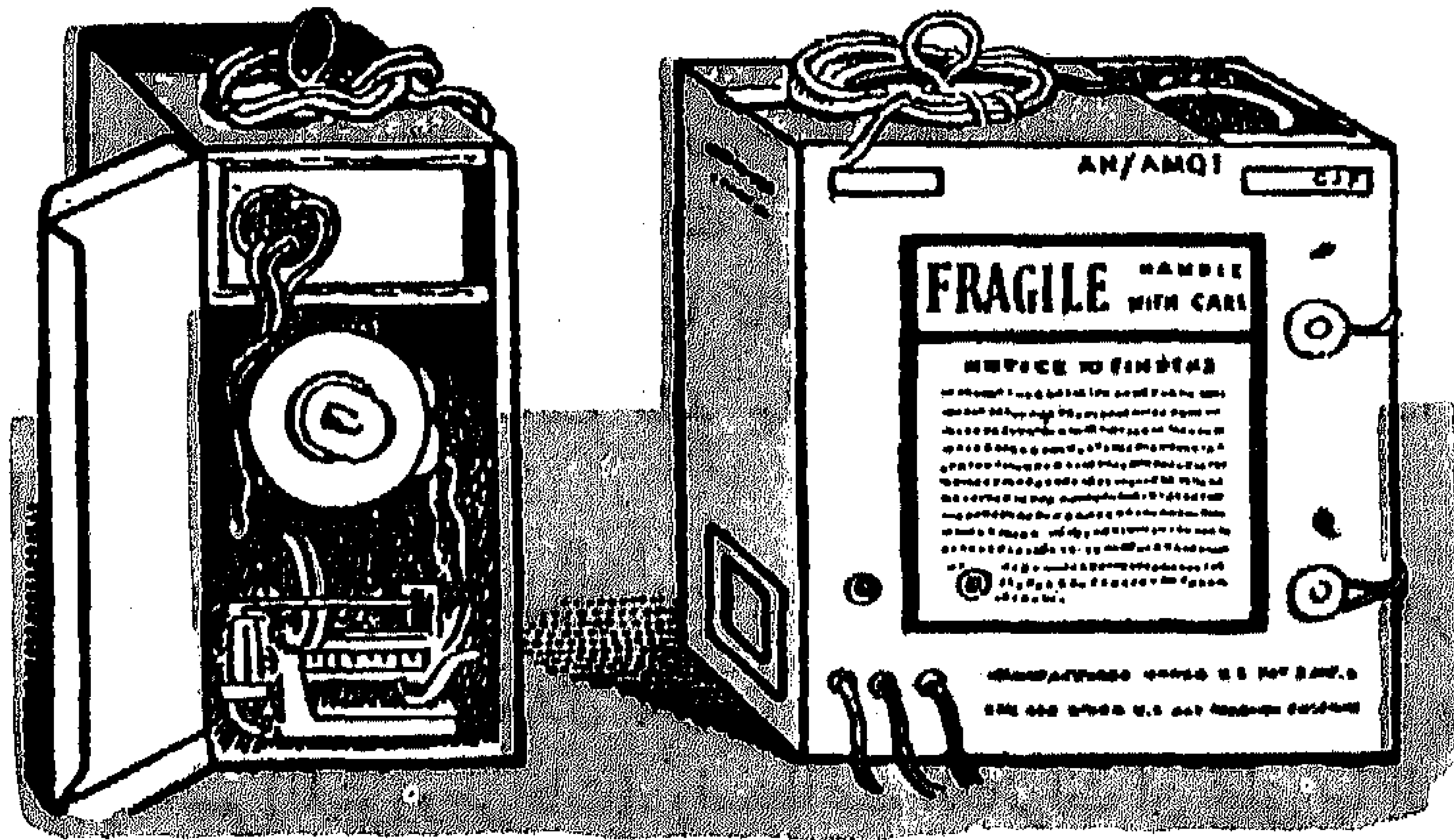
ومرت فترة عمد فيها العلماء إلى إرسال أجهزة الرصد فى الطائرات، واستمرت هذه الطريقة تتبع خلال سنوات عديدة منذ عام ١٩٣٠، وكان يطلق على الأجهزة اسم (الميتوروجرافات). واستطاعت الطائرات أن تحلق بها إلى علو ٤ أو ٦ آلاف متر فى الأجواء العادية، أما فى حالات العواصف فإن هذه الأرصاد كانت تتوقف فى الغالب برغم شدة الحاجة إليها.

وقال رجال التنبؤ الجوى: «إن كل ما نريده هو ميتوروجراف وجهاز إرسال لاسلكى يمكن اطلاقهما معاً بوساطة البالونات. فإذا كان فى الإمكان تصميم مثل هذا الجهاز صرنا فى غنى عن انتظار الأجهزة التى تسقط إلى الأرض بالمظلات، لأن محطة الجهاز اللاسلكية يمكن أن تمدنا بعناصر الجو أولا فأولا كما يرصدها الميتوروجراف الذى تحمله البالونة».

وتم صنع مثل هذا الجهاز بالفعل منذ ما يقرب من نصف القرن، وسريعاً بدأ إدخاله فى أعمال الرصد، وأطلق عليه اسم (الراديوسوند)، وبذلك بدأ فجر عصر جديد فى أعمال التنبؤ الجوى.

وفى الواقع يملأ الشاب الذى نراه خلف مكتب الأرصاد البالونة بغاز الهيليوم لتحمل هذه البالونة معها جهاز (الراديو سوند) وما الصندوق المعد للإطلاق إلى

أعالى الجو إلا جهاز عجيب حقًّا. فوزنه يقل عن الكيلوجرام، ومع ذلك فهو يقيس لنا درجة الحرارة والضغط الجوى ومقدار الرطوبة، ويمدنا بالإشارات اللاسلكية الخاصة بهذه الأرصاد. كل ذلك فى أثناء تحليق البالونة، أو خلال رحلتها إلى الجو العلوى. وتستقبل هذه الإشارات على مسجل خاص فى مكتب الأرصاد. ويستطيع الراصد أن يعرف ماذا يجرى فى أعالى الجو قبل أن تنفجر البالونة ويعود الصندوق إلى سطح الأرض بمدة طويلة.



يطلق (الراديو سوند) بالبالونات ويرسل إشاراته باللاسلكى

وبديهى أن رصد اتجاه الرياح وسرعتها على الارتفاعات المختلفة هو أيضاً من الأهمية بمكان، خصوصًا وقد طفرت الملاحة الجوية. وخلال ما يزيد على خمسين سنة مضت كانت تستخدم لهذا الغرض بالونات صغيرة (لا تحمل معها أجهزة) هى البالونات الكاشفة أو (بيلوت بالون). واستمر إطلاقها نحو أربع مرات فى اليوم فى أكثر من ٥٠* محطة بالولايات المتحدة.

وفى العادة تملأ البالونة الكاشفة بكمية من غاز الهيليوم تكفى لارتفاعها فى الجو بمعدل قدره ١٨٠ متراً فى الدقيقة. وتزيح الرياح التى تهب فى الطبقات المختلفة وتدفع البالونة معها.

* فى أكثر من ١٥ محطة رئيسية فى جمهورية مصر العربية.

وفى نهاية كل دقيقة يعين الراصد الذى يتتبعها من على سطح الأرض وضعها بدقة تامة بوساطة جهاز من أجهزة المساحة هو (التيودوليت)، وبذلك يحصل على تسجيل كامل لاتجاه وسرعة الرياح على أبعاد مختلفة.

وفى الأيام التى تسطع فيها أشعة الشمس، تستخدم بالونة سطحها لامع حتى يمكن أن تنعكس الأشعة منه وترى البالونة بسهولة، فهى بعد عدة دقائق من إطلاقها تبدو كنجم أو نقطة من الضوء. أما فى الأيام التى تتكاثر فيها السحب فتطلق بالونات لونها أحمر، لكى يمكن تمييزها بسهولة وسط قواعد السحب البيضاء وعندما تطلق البالونة ليلا لا يكون للون سطحها أى أثر فى تتبعها، ولذلك تحمل معها مصباحاً صغيراً كهربياً (بطارية صغيرة) يمكن الراصد من رؤيتها.

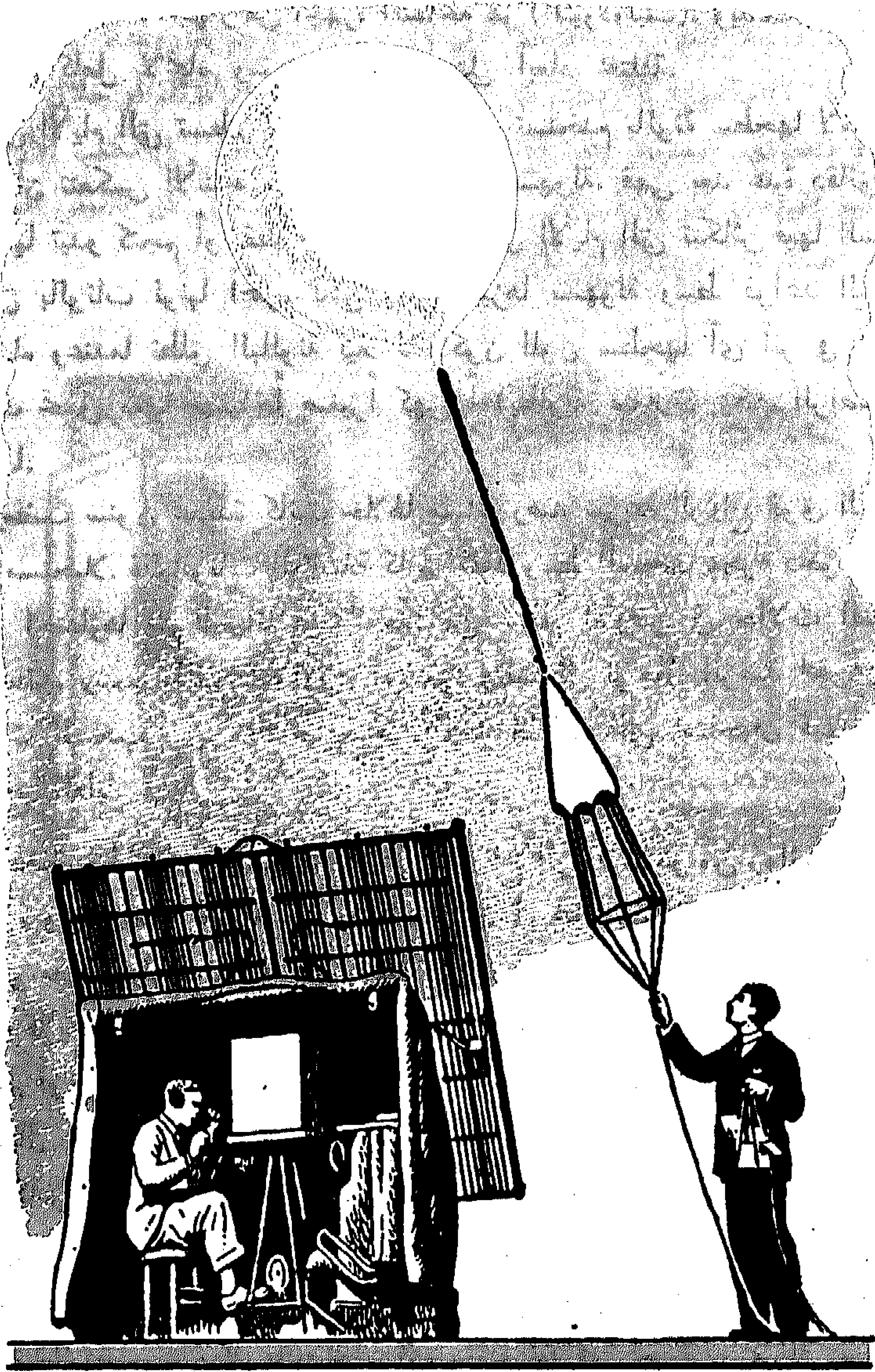
ومضت سنون عديدة كانت خلالها مسألة رصد سرعة الرياح فوق السحب أمراً مستحيلا. فالبالونات الكاشفة كانت تفقد وسط السحب بمجرد دخولها فيها، وكان اختفاؤها يتم أحياناً قريباً جدًّا من سطح الأرض فى حالات السحب المنخفضة. وسبّب ذلك كثيراً من المتاعب والمشاكل لرجال الرصد الجوى لأن حالات السحب والجو العاصف، هى أهم الحالات التى يحتاجون فيها لرصد الرياح العليا.

وتمخضت الحرب العالمية الثانية عن اختراع الرادار، وهو من روائع مخترعات البشر، وكأنه قصة خيالية، إذ يكشف الأجسام على مسافات بعيدة تبلغ مئات الكيلو مترات ولو كانت فى ظلام الليل الدامس. وتتلخص طريقة عمله فى إرسال حزمة قوية من أشعة أو أمواج* اللاسلكى تجاه الجسم المراد تتبعه، فيعكس هذا الجسم أو يرد جانباً من هذه الأشعة. ويمكن استقبال الأشعة المرتدة على جهاز استقبال بحيث تظهر صورة الجسم بلون لبنى على شاشته. وتسمى عملية الانعكاس هذه باسم (الصدى).

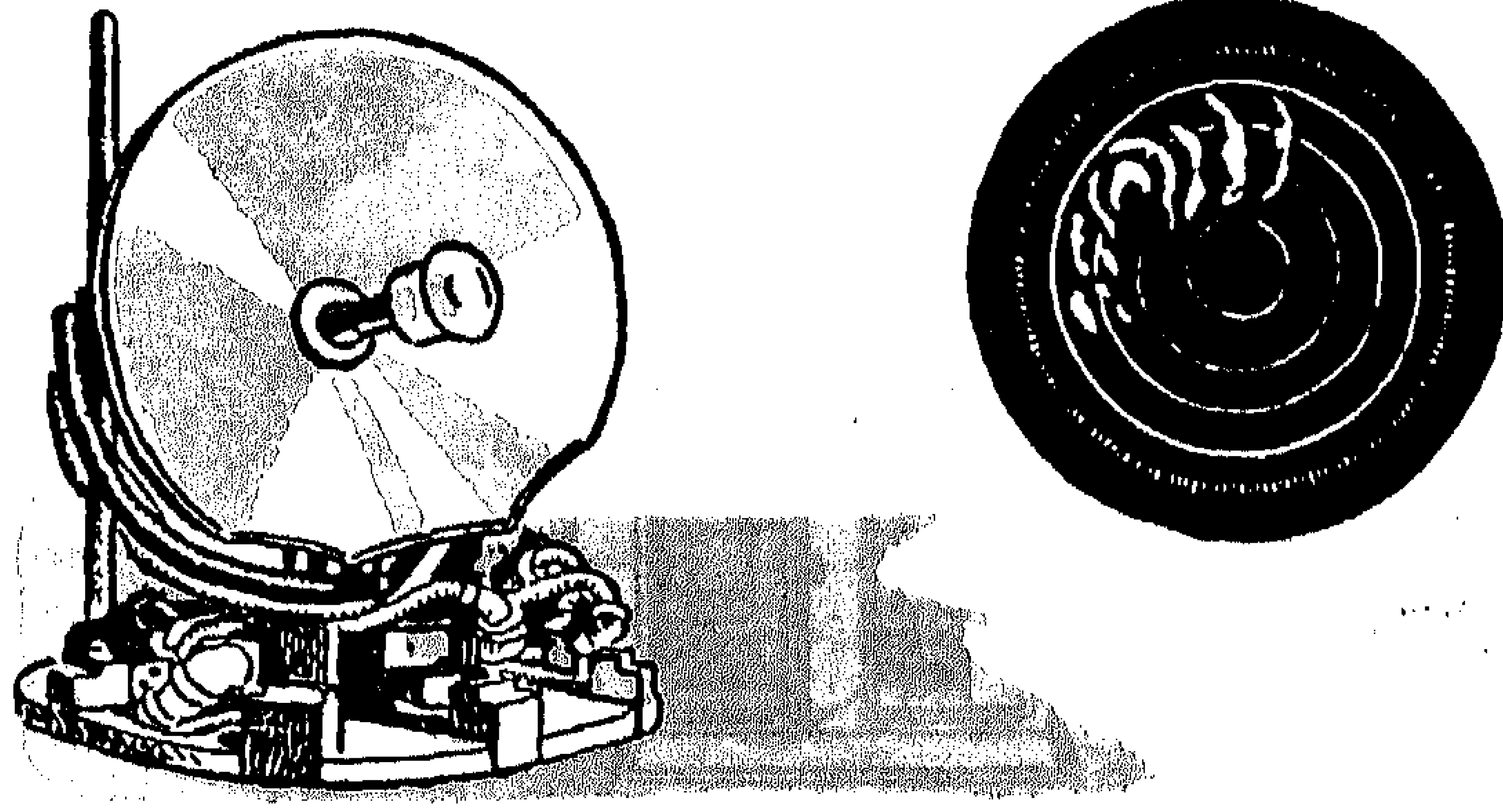
وسرعان ما تم التفكير فى استخدام الرادار فى عمليات تتبع البالون عند اطلاقه فى حالات السحب والعواصف، ولم يكن الأمر يتطلب أكثر من إلصاق قطعة من المعدن بجسم البالونة. وأصبح من الممكن تتبع حركتها حتى فوق السحب بمسافات كبيرة.

---

* لها طول موجة معين أقل من أطوال أمواج اللاسلكى العادية.



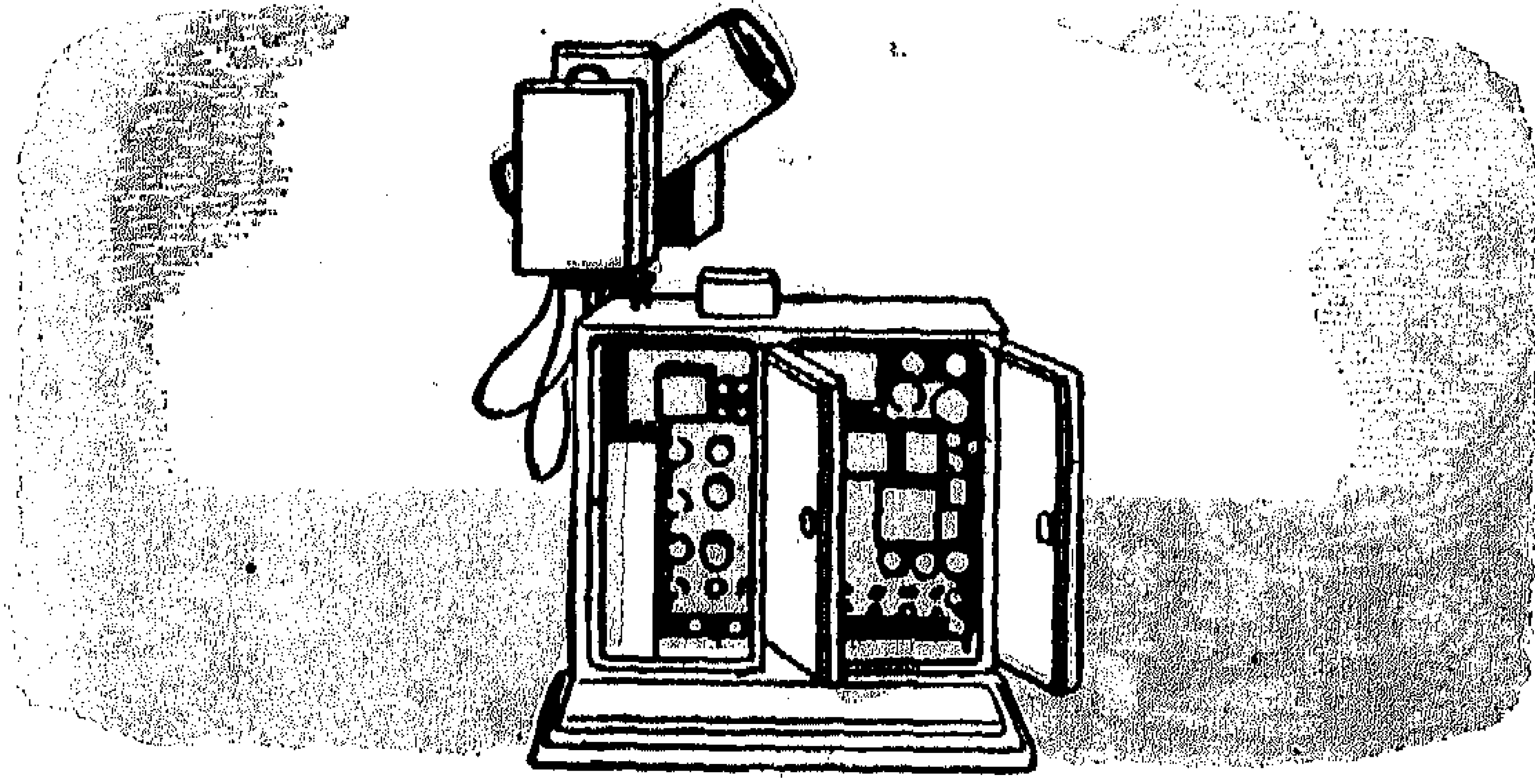
تحمل البالونة جهاز (الراديو سوند) إلى أعالى الجو على حين يتتبع الراصد
الجالس إلى اليسار خط سيرها بوساطة الراديو



جهاز الرادار (إلى اليسار). ويرى الصدى على الشاشة (إلى اليمين)

وهكذا رصدت الرياح فوق طبقات تكوّن السحب، وتعددت محطات الرصد بمثل هذا الجهاز فى شتى أرجاء الأرض، ومن عجيب أمر الرادار أنه يستطيع الكشف عن أشياء لا يصدقها العقل. فقد وجد إبان الحرب العالمية الماضية أن صدى الرادار ارتد من مناطق كان يهطل فيها المطر، وعلى هذا الأساس يستخدم رجال الرصد الجوى أجهزة الرادار فى الكشف عن مناطق عواصف الرعد البعيدة بعدًا يحول دون رصدها بالعين المجردة.

وتستعمل أيضاً أنواع أخرى من الأجهزة، فكثيراً ما يتطلب الطيارون معلومات خاصة، مما حمل مكاتب الأرصاد فى المطارات على استخدام أجهزة فريدة مثل (السيلومتر) أو جهاز قياس ارتفاع قاعدة السحاب المنخفض. فالمعروف أنه فى حالات توافر السحب المنخفضة يحتاج الطيار عند الهبوط بطائرته إلى معرفة «ارتفاع السقف» كما يسمونه - والمقصود هنا ارتفاع قاعدة السحاب المنخفض - وذلك ليعرف تماماً مدى ارتفاعه عن سطح الأرض بمجرد خروجه من السحاب ورؤيته الطريق المعد لنزوله فى المطار. وفى الواقع يتكون «السيلومتر» من ثلاثة أجزاء: الأول هو المرسل الذى يرسل حزمة من الضوء إلى قاعدة السحاب، والجزء الثانى هو الكاشف، ويثبت عادة على بعد ٣٣٠ متراً من المرسل، ووظيفته تتبع بقعة الضوء التى تكونها الحزمة المرسلة على قاعدة السحاب وتسجيل الزاوية التى ترى عليها. ويتم حساب الارتفاع باستخدام هذه



يقاس ارتفاع قاعدة السحاب المنخفض لفائدة الطيارين بوساطة السيلومتر

الزاوية. أما وظيفة الجزء الثالث من جهاز السيلومتر فهو عمل تسجيلات مستمرة لهذه الأرصاد.

وفى الأماكن التى لا يوجد فيها جهاز السيلومتر تستخدم وسائل أخرى لتعيين ارتفاع قاعدة السحاب. ومن أبسط هذه الوسائل (بالونة السقف)، وهى عبارة عن بالونة صغيرة من المطاط حمراء اللون، أو زنبقية، أو حتى بيضاء، تملأ بغاز الأيدروجين أو غاز الهيليوم، ويعرف رجل الأرصاد تماماً المعدل الذى تصعد به عند إطلاقها. ومن قياس الزمن الذى تستغرقه فى الوصول إلى قاعدة السحاب يمكن حساب ارتفاع هذه القاعدة بسهولة.

ومن أعظم ما يهتم به الطيارون فى أثناء هبوطهم فى المطارات مدى الرؤية، أو أكبر مسافة يمكن أن ترى عليها الأشياء بوضوح باستعمال العين المجردة. وبطبيعة الحال يمكِّن رصدُ مدى الرؤية الطيارَ ويعينه على تقدير المسافة اللازمة له ليرى طريق نزوله فى المطار. وهذه المسألة من الأهمية بمكان لأن الطائرة تسير بسرعة فائقة. ويقدر مدى الرؤية فى أثناء الليل بالمسافة التى يمكن أن ترى عليها الأنوار. وحتى الآن لم تعمم أجهزة قياس مدى الرؤية، وغالبًا ما يلجأ الراصد الجوى إلى تقديرها بالعين المجردة.

ومن عناصر الجو التى يقدرها الراصد تقديراً شخصياً دون أن يستخدم أى جهاز من الأجهزة أنواع السحب السائدة فى مكان الرصد وكذلك مقاديرها. ومن

حسن الحظ نجد أنه برغم تعدد أنواع السحب (عشرة أنواع) لا يجد رجل الأرصاد أى صعوبة فى التمييز بينها لعظم خبرته بها. أما تقدير كمية السحاب السائد. فهذه عملية سهلة عندما يبنى الراصد تقديره على أساس تقسيم السماء إلى عشرة أجزاء متساوية ورصد الكمية إلى أقرب جزء من عشرة: فعندما تغطى السماء بالسحاب تماماً تكون الكمية (١٠)، أما فى حالة انعدام السحب تكون الكمية (٠)، وفى حالة تغطية نصف السماء بالسحب تكون الكمية (٥) وهكذا...

ويدور حول الأرض الآن فى مدارات محددة أقمار صناعية صممت خصيصاً لالتقاط صور للتكوينات السحابية التى تغطى مساحات كبيرة من الكرة الأرضية. وهذه الأقمار مزودة بآلة تصوير تليفزيونية أو أكثر، يعمل بعضها بضوء الشمس، ويعمل البعض الآخر بالأشعة تحت الحمراء. ولقد استخدم التصوير بالأشعة تحت الحمراء لإمكان تصوير السحب ليلاً. كما يحمل القمر الصناعى أيضاً ساعة الكترونية دقيقة وجهاز إرسال تليفزيونى لإرسال الصور التى يلتقطها كل بضع دقائق للتكوينات السحابية فتلتقطها المحطات الأرضية. كما أن به جهاز استقبال راديو لتلقى التعليمات من المسئولين عن تشغيله.

وصور القمر الصناعى هذه لا تتنبأ بالجو، ولكنها تعطى صورة كاملة للسحب، منشأها ونوعها وكميتها. ويستطيع الراصد فى أى مكان أن يلتقط هذه الصور التليفزيونية باستخدام جهاز استقبال ومعدات أخرى مناسبة. وهكذا فقد حلت هذه الأقمار الصناعية مشكلة التقدير الشخصى الذى كان يقوم به الراصد للسحب، كما أنها وبالإضافة إلى ذلك تنبئه بالتكوينات السحابية فى المناطق الأخرى ليستعين بها فى تنبُّئه بالجو.





١٠
التنبؤ بالجو

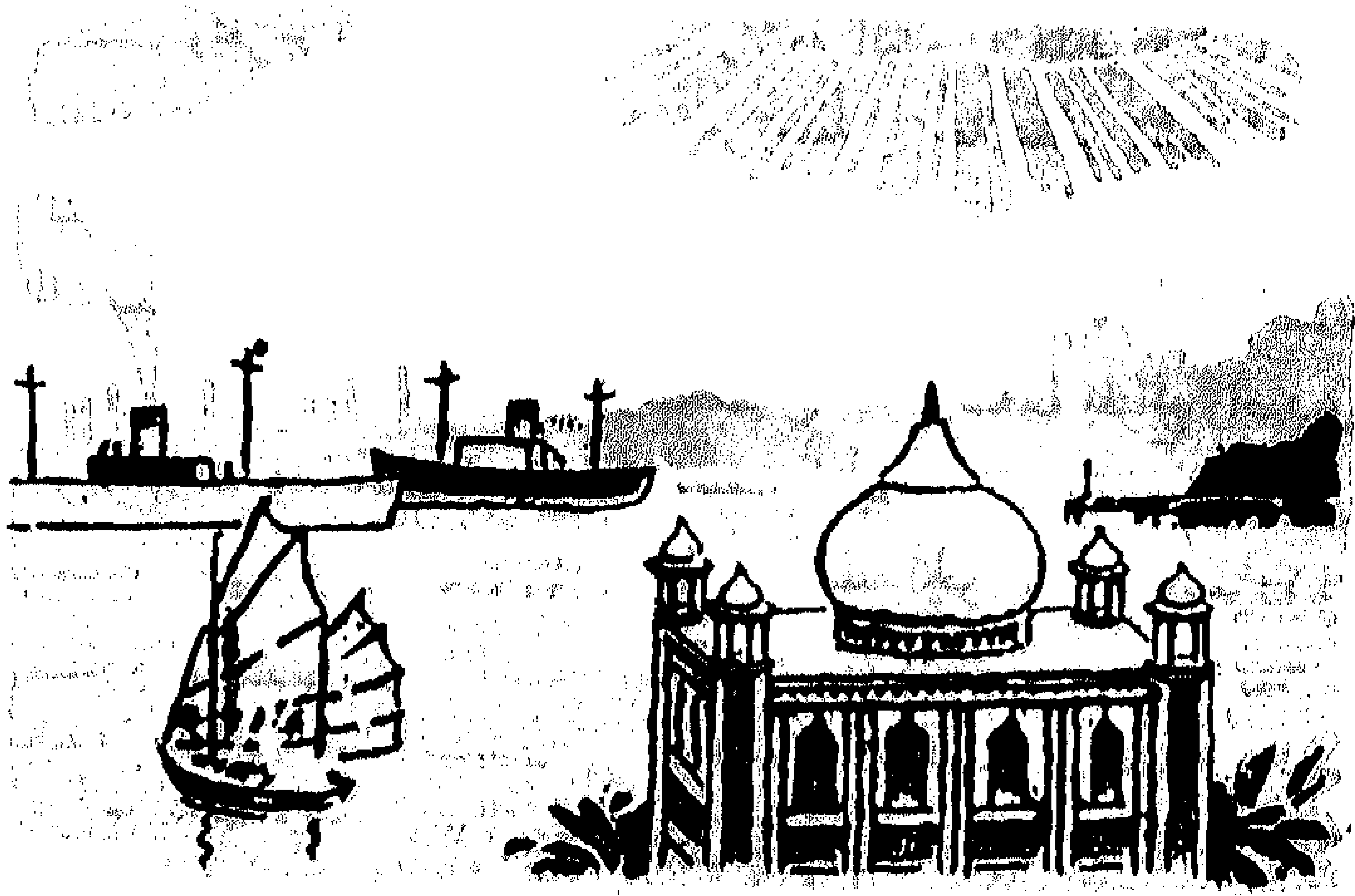
فى أى يوم من الأيام يسود طقس الغد فى مكان بعيد عنا. وهو إذ يدنو منا يقترب بسرعة قد تصل إلى نحو ٥٠ كيلو متراً فى الساعة – أى أقل من سرعة سيارة تجرى فى طريق طويل – ولكن يختلف الطقس فى انتقاله عن السيارة فى كونه لا يقف على أية محطة، بمعنى أنه فى نهاية ٢٤ ساعة يكون قد قطع مسافة قدرها ١٢٠٠ كيلومتر على وجه التقريب.

ولهذا السبب – كون أن الطقس ينتقل – وجد أن خير وسائل التنبؤ به هى باستخدام الخرائط. وتعطى أى خريطة مرسومة لهذا الغرض صورة واضحة للطقس السائد فوق مساحة واسعة من سطح الأرض. ويلزم أن تكون هذه الصورة كبيرة الأبعاد لأن العواصف والحالات الأخرى التى ينجم عنها تغير الجو واضطرابه إنما توزع على مناطق واسعة ومتفرقة. فعواصف المطر أو الثلج الشتوية كثيراً ما يصل عرضها حدود ١٦٠٠ كيلومتر. فما هو القدر الذى يمكن أن نراه منها بالعين المجردة يا ترى؟ إننا حتى إذا ما صعدنا على قمة جبل من الجبال لا نستطيع أن نرى منها سوى جانب صغير جدًّا، ومهما استخدمنا من أجهزة لن نستطيع أن نلم بها مادامت هذه الأجهزة يضمها مكان واحد.

ولقد حاول العلماء خلال أجيال برمتها التنبؤ بالجو عن طريق ما يرصده شخص واحد، ولكننا الآن نعرف سر إخفاقهم، إنهم لم يعرفوا أن الطقس يتنقل. وفى أمريكا كان الناس يسخرون من فكرة انتقال العواصف من مكان إلى آخر حتى عندما صرح بذلك بنيامين فرانكلين. وفى أوربا برغم أن نفراً من العلماء نادوا بهذه الفكرة لم يكن من السهل التدليل عليها. وأخيراً عمد أحد الأساتذة الألمان واسمه هنرى براند إلى دراسة تقارير الطقس الفرنسية، ومن ثم نشر بحثاً أثبت فيه أن الطقس لا يقف ساكناً، وأنه يمكن تتبع حركته على الخرائط، وهكذا أقنع العلماء بأنه إذا أمكن جمع أرصاد وافية بطريقة سريعة لرسم الخرائط أمكن التكهن بتحركات العواصف وغيرها من تقلبات الجو.

ولكن هذا الاقتراح قدم عام ١٨٢٠ ولم يكن التلغراف قد عرف بعد، فبدا أمر جمع الأرصاد من مختلف البقاع بطريقة سريعة من المستحيلات أو حلمًا من الأحلام.

أما اليوم فقد تلاشت هذه العقبة، إذ ترسل التقارير الجوية من قطر إلى آخر



ينتصف النهار فى كالكتا فى الوقت نفسه الذى تشرق فيه الشمس على اسكتلاندة

فى لحظات. وتقوم منظمة الأرصاد الجوية العالمية* بالتنسيق بين البلاد المختلفة. فمن خلال هذه المنظمة يوجد نظام اتصال وتبادل التقارير بين مختلف بلاد العالم على درجة فائقة من الكفاءة. فيتلقى كل بلد من بلاد العالم تقارير عن حالة الجو من البلدان الأخرى أربع مرات فى اليوم، أى بواقع مرة كل ست ساعات. ويتم هذا التبادل سريعاً جدًّا بأجهزة الاتصال اللاسلكية السريعة. فتقارير الجو تنعدم فائدتها إذا تأخرت بضع ساعات. ولا يستغرق تبادل هذه التقارير كلها عادة أكثر من ساعتين بعد رصد العناصر المختلفة. وتضم شبكة اتصالات الأرصاد الجوية ثلاثة مراكز عالمية فى واشنطن وموسكو وملبورن وعشرة مراكز إقليمية فى براكنل بانجلترا وباريس وافنباخ بألمانيا وبراغ ونيروبى والقاهرة ونيودلهى وبكين وطوكيو وبرازيليا.

ويتم جمع المعلومات أساسا فى المراكز والمحطات الوطنية بكل بلد من البلاد، فالعالم بأسره يتعاون من أجل رسم خرائط الطقس، والراصدون فى جميع أنحاء العالم يعملون ليلا ونهاراً صيفاً وشتاءً.

وفى منتصف الليل تجد الراصد يخرج منفرداً لإعداد التقرير الجوى، فيرصد الطقس السائد ويقرأ الأجهزة. ولعل ما يسليه فى هذه العملية فكرة أن آلافاً من الراصدين غيره يقومون بالعمل نفسه فى اللحظة نفسها. ففى كلكتا عندما يكاد النهار ينتصف ويخرج الراصد وسط الحر وأشعة الشمس المحرقة لعمل التقرير الجوى نجد أنه فى هذا الوقت نفسه يخرج زميله فى جلاسجو وسط الجو البارد ساعة الشروق على اسكتلاندة من أجل رصد السحب. وفى الساعة نفسها كذلك تكون الشمس قد مالت للغروب فى المناطق الممتدة من ألاسكا إلى ما بعد خليج بهرنج، وينتشر الثلج هنا وهناك ويقترب ضباب بارد عندما يخرج راصد روسى لقراءة ترمومتراته فى الكشك. وفى الآونة نفسها أيضاً يخرج ضابط نرويجى على ظهر سفينته وهى تعبر البحر المتوسط ليرصد الجو ساعة الشروق.

---

* منظمة الأرصاد الجوية العالمية، منظمة دولية أنشئت عام ١٩٤٧، ثم انضمت إلى منظمة الأمم المتحدة عام ١٩٥٢، ومن أوجه نشاطها الرئيسية تيسير التعاون الدولى فى إقامة شبكات من المحطات والمراكز الخاصة بخدمات وتقارير الأرصاد الجوية، وتشجيع إقامة نظم للتبادل السريع للمعلومات عن حالة الجو، والعمل على إيجاد مستويات موحدة للنشرات الجوية وتمكين الانتفاع بالأرصاد الجوية فى الطيران والنقل البحرى والزراعة وغير ذلك من الأنشطة البشرية.

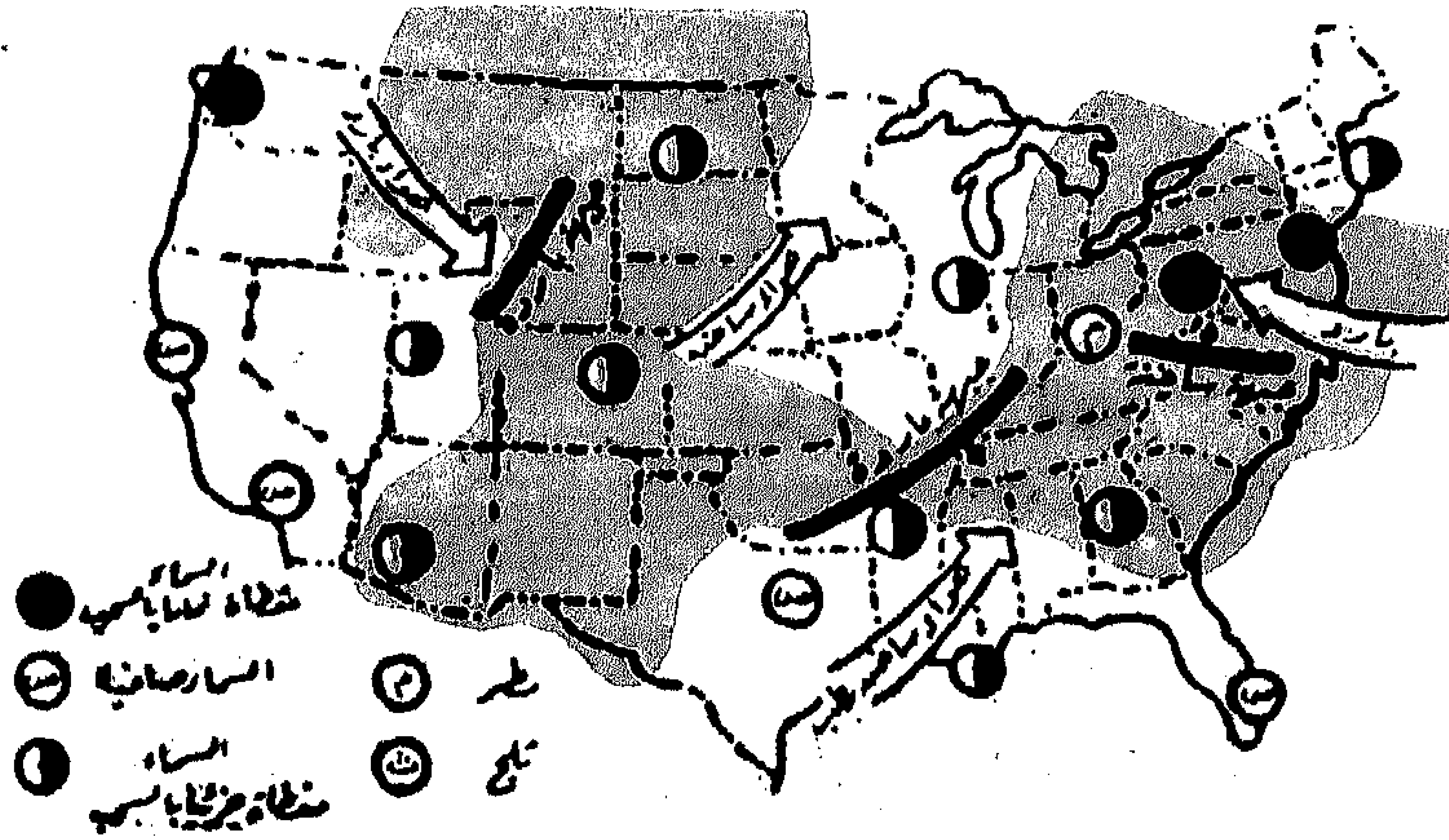


عندما تغرب الشمس فى خليج بهرنج ينتصف الليل فى دلث

ولكى نفهم كيف ترسم خرائط الطقس علينا أن نتخيل رحلة إلى مكتب التنبؤات فى واشنجتون مثلا: الساعة الآن الثانية صباحاً، وتهب علينا رياح باردة رطبة من الشمال الشرقى. يزداد الجو برودة، وتهب نفحة قوية من الهواء، ويبدأ المطر فى التساقط على جانب البناء القديم المصنوع من الطوب الأحمر بمجرد دخولنا فيه.

وفى داخل المكتب نجد ما يقرب من ثلاثين شخصاً ما بين رجل وامرأة يعملون فى الخرائط، وبعضهم يلبس الحلة الرسمية لسلاح الطيران والبحرية، لأن العمل مشترك، إذ توزع الخرائط على مكاتب التنبؤ والسفن التى فى البحر وقواعد سلاح الطيران. ونلاحظ نشاطهم الفائق وإنجازهم العمل أولا فأول تبعًا لنظام دقيق محكم، إذ يستمر دولاب العمل دون انقطاع بتغيير الأشخاص كل ثمان ساعات.

وهناك فى إحدى الغرف الصغيرة نجد عدة آلات كهربية تكتب التقارير التى تصل تلغرافيًّا من كافة أرجاء أمريكا الشمالية، وكذلك التى تصل بالراديو من السفن التى فى عرض البحر ومن أوربا وآسيا. وتحمل الصفحات تلو الصفحات

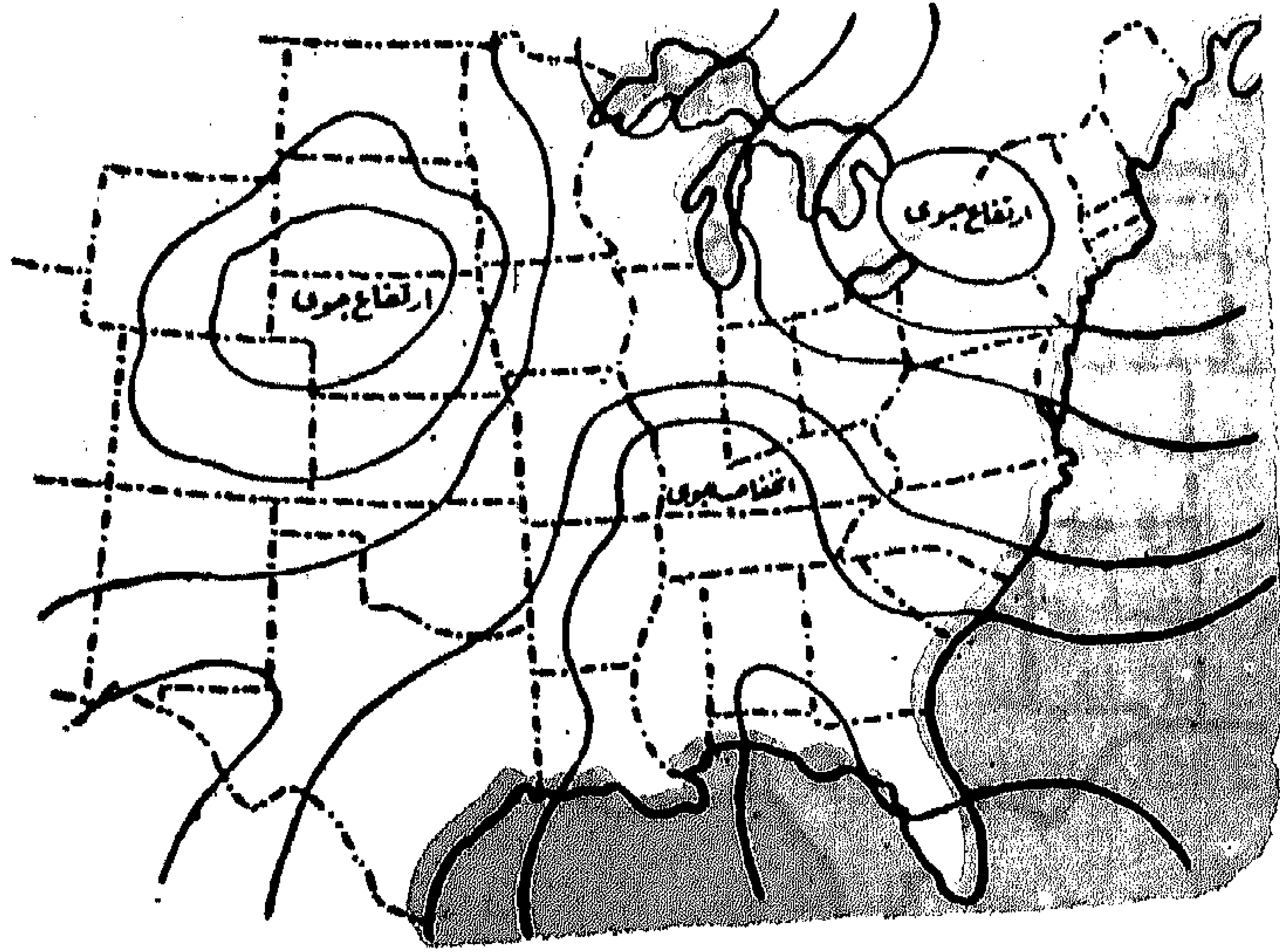


تبين خرائط الطقس التى تنشرها الجرائد طقس القطر

من التقارير التى تكتبها هذه الآلات إلى حيث الخرائط ليتم توقيعها عليها بالأرقام والرموز. وتمثل كل محطة على الخريطة بدائرة – وتدل الدائرة المتروكة على بياض على صفاء السماء كما تدل الدائرة التى تظلل جزئيًا على وجود بعض السحب، أما الدائرة السوداء فتعنى تغطية السماء بالسحب. وهناك بعض الرموز والأرقام من حول الدائرة وهى تشير إلى اتجاه الرياح فى المحطة وسرعتها، ودرجة حرارة الهواء، ونقطة الندى، ومدى الرؤية، ونوع السحاب الموجود، وارتفاع قاعدة السحاب المنخفض. وتعطى هذه الأرقام أيضاً الضغط الجوى وكيفية ومدى تغيره خلال الثلاث الساعات السابقة على الرصد، كما تذكر كثيراً من تفاصيل الهطول مثل: الكمية التى تساقطت خلال الست الساعات الأخيرة، ونوع الهطول ساعة الرصد فيما إذا كان مطراً أو ثلجاً، ولحظة ابتداء الهطول.

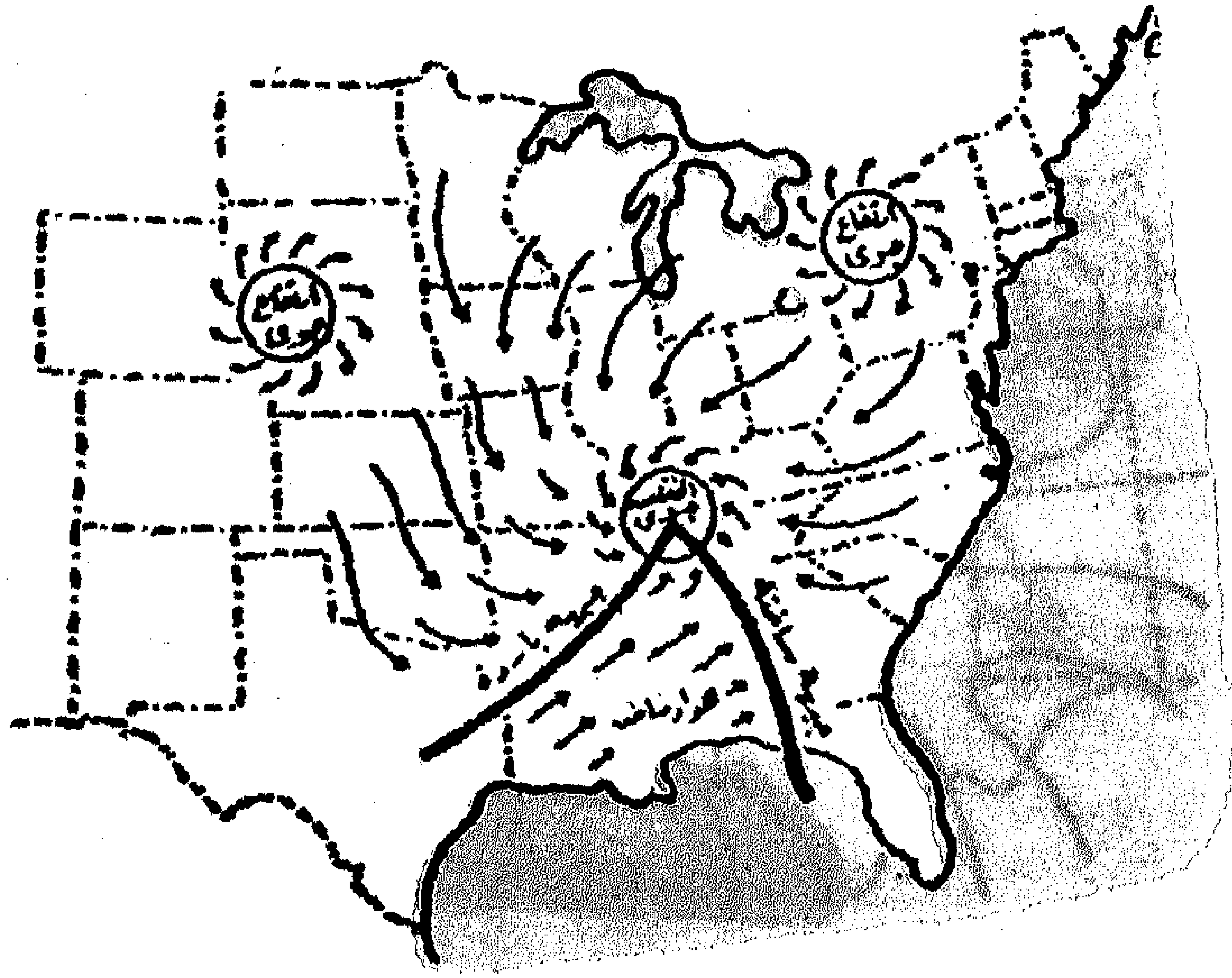
ونقف أمام أحد (الميتورولوجيين)* وهو يرسم خطوطاً سوداء على إحدى الخرائط؛ ويخبرنا أن هذه الخطوط تصل بين الأماكن التى يتساوى فيها الضغط الجوى؛ ثم يشير إلى مساحات متعددة رسم حول كل منها خطًا ويقول:

* هم الفنيون فى علم الأرصاد الجوية.



ترسم الخطوط لتصل بين الأماكن التى يتساوى فيها الضغط الجوى

«هذه هى الارتفاعات الجوية، وتلك هى الانخفاضات الجوية»، ثم يعمد إلى تفسير ما قال فيضيف: «والارتفاعات الجوية هى مناطق الضغط الجوى العالى. ويصفو الجو عموماً فى مثل هذه المناطق، كما يتساقط الهواء من طبقاتها العليا، فتهب الرياح منطلقة من هذه المناطق فى الطبقات السفلى وتدور حول مراكزها فى اتجاه عقرب الساعة. وغالباً ما يكون الطقس فى الارتفاعات الجوية بارداً أو مائلاً للبرودة، خصوصاً فى الشرق حيث تهب الرياح من الشمال أو الشمال الغربى». ونسأل قائلين: «وما أمر الانخفضات الجوية؟» فيقول: «الانخفاضات الجوية هى مناطق الضغط الجوى المنخفض وعادة تتكاثر السحب فى هذه المناطق، ويهطل فيها المطر صيفاً، والمطر أو الثلج فى الشتاء - وغالباً ما تغطى الانخفاضات الجوية مناطق يصعد فيها الهواء إلى أعلى، فتهب الرياح متجمعة إلى مراكزها فى الطبقات السفلى وتدور من حولها. ويعنى ذلك بالنسبة إلى الولايات المتحدة الأمريكية أن الهواء الدافئ الجنوبى إنما يهب على جانب الانخفاض



كيف يدور الهواء حول الارتفاعات والانخفاضات الجوية

الشرقى، أما تيارات الهواء الباردة المقبلة من الشمال فهى تهب على الجانب الغربى للانخفاض».

ويستمر خبير الأرصاد فى حديثه قائلا: «ولا تثبت الارتفاعات والانخفاضات الجوية فى أماكنها إلا قليلا وذلك من آن لآخر ولساعات معدودات ويمكن تتبع حركاتها على الخرائط من يوم إلى يوم. ويمكن القول إجمالاً بأن كل انخفاض جوى يتبعه ارتفاع فانخفاض وهكذا... ويقبل الجو عندنا من الغرب، كما تزاح مناطق الضغط العالى من الشمال الغربى إلى الجنوب الشرقى، وهى برغم أنها كثيراً ما تغير اتجاه حركتها هذه إلا أن النتيجة النهائية للحركة واحدة. وتظهر الارتفاعات الجوية أول ما تظهر على حدود الولايات المتحدة الغربية أو الشمالية الغربية، ثم تعبر البلاد وتتركها فى الشرق أو الشمال الشرقى»

ونلاحظ أن الخبير الجوى قد عين مركزاً لانخفاض جوى على جورجيا فنبادر

بسؤاله: «وما الذى سيحدث لهذا الانخفاض؟» ويجيب الرجل قائلاً:

«سيتحرك هذا الانخفاض شرقاً إلى الساحل، وقبل أن يجئ الصباح سيتحول الهطول هنا على واشنطن من مطر إلى ثلج». وتهمس فى عجب: «أحقًا ذلك؟»، ثم نتقدم لنفحص خريطة أخرى، ويلفت نظرنا بعض الخطوط العريضة الملونة التى رسمت عليها فنبادر بالسؤال عن كنهها:

«هذه الخطوط هى الجبهات، أو الحدود التى تفصل بين كتل الهواء الساخن وكتل الهواء البارد المتجمعة فى مناطق الضغط المنخفض. وتعتبر هذه الجبهات أهم المناطق إثارة على الخرائط. فأنتم تعرفون كيف تكون الحال على جبهة القتال المستعر عندما يتلاقى جيشان: إن الوقت يصعب تقديره، وكذلك الحال فى الجبهات على الخرائط. ونحن إذا استطعنا أن نتكهن تماماً بما سيحدث لأصبح فى مقدورنا إتقان تنبؤاتنا الجوية إلى حد بعيد».

وهكذا يصرح خبير الجو بما يوافق آراء جميع القائمين بأعمال التنبؤ الجوى، وذلك نظراً لأن أغلب الأجواء الرديئة وتقلبات الطقس العنيفة إنما تحدث على طول كل جبهة. والذى يقوم بتمثيل الأدوار الرئيسية فى تمثيلية الجو هذه هى (كتل الهواء)، وتلعب الارتفاعات والانخفاضات الجوية أدواراً ثانوية إلى جانبها.

ولكن ماهى الكتل الهوائية؟ ومن أين تقبل؟ ولماذا تقوم بهذا الدور؟ ثم ماهى حقيقة ما يجرى عند أى جبهة؟

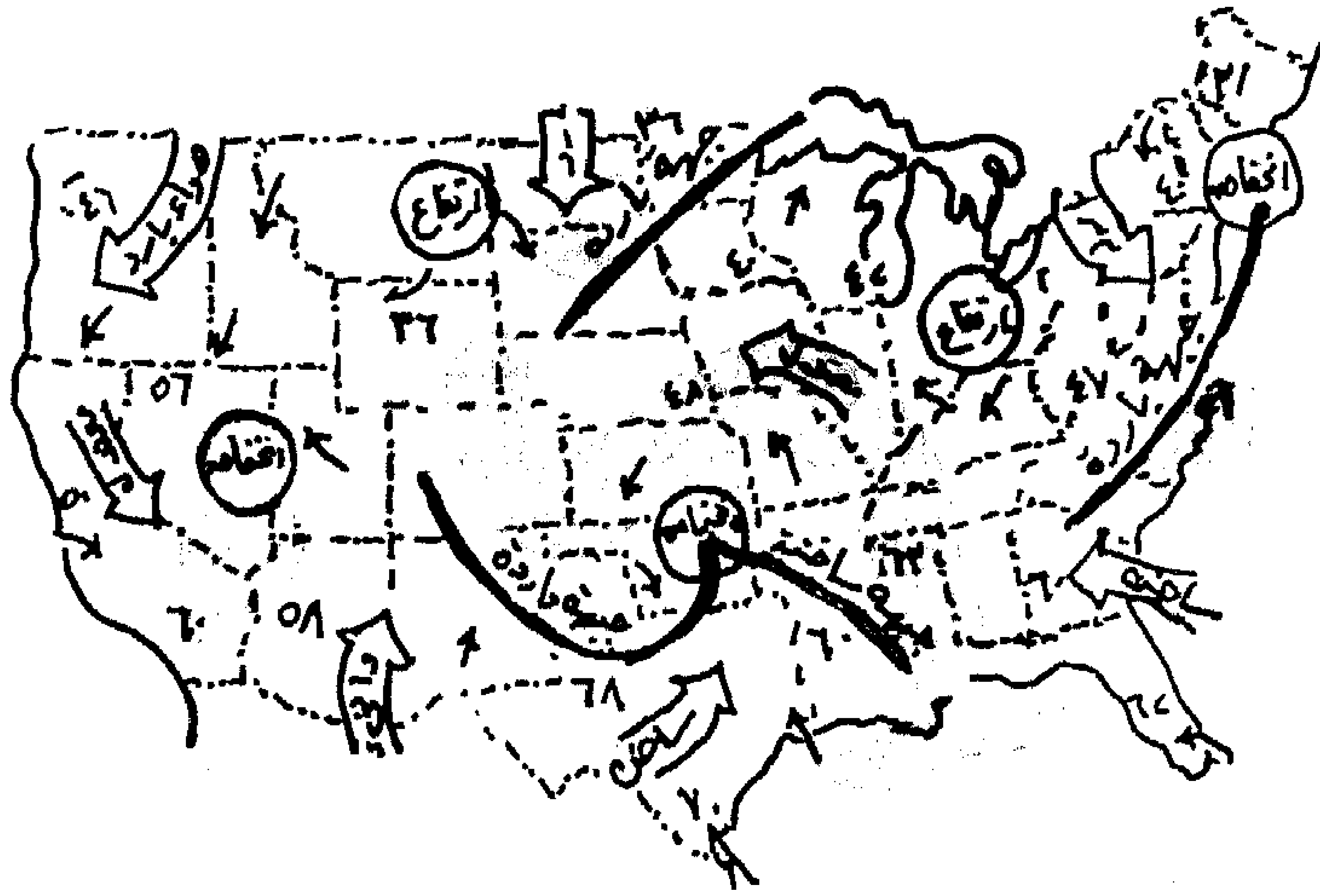
والحق إننا عندما تقدمنا بهذه الأسئلة شعرنا بأننا قد دخلنا فى لب موضوع الطقس والتنبؤ به. فالذى يفهم معنى الكتل الهوائية ويدرك أساليبها يكون قد ألم بأكبر شىء فى علم الرصد الجوى.

والكتلة الهوائية لا تعنى مجرد أى جزء من الهواء، إنما هى جزء كبير – ربما لا يقل اتساعه عن ١٦٠٠ كيلو متر – تتجانس فيه على وجه التقريب درجة الحرارة والرطوبة، وبذلك يتميز عن غيره من الأجزاء الأخرى.

والآن كيف تكتسب الكتلة الهوائية خاصيتها هذه؟ الواقع أن هذا الأمر يتم بسبب مكثها عدة أيام فى مكان معين له ميزاته الخاصة. فالهواء الذى يبقى فوق المحيط الدافئ يعطى كتلة هوائية دافئة رطبة، والهواء الذى يسود على الأراضى الباردة يعطى كتلة هوائية باردة جافة...

وفى أمريكا الشمالية* تقبل كتل الهواء الدافئ من الجنوب الشرقى أو الجنوب أو الجنوب الغربى، بعد أن يكون أغلبها قد عبر بحار الجنوب، ولذلك تكون مشبعة بأبخرة المياه. وهى تهب فى مقدمة الانخفاضات الجوية. أما الهواء البارد فيقبل من مياه الشمال ومناطق كندا الباردة، وينساب إلى داخل البلاد على شمال أو غرب الانخفاضات الجوية.

وفى مكان ما على خرائط الطقس تتقابل هذه التيارات الدافئة والباردة، إلا أنهما لا تمتزجان بسهولة، شأنهما فى ذلك شأن الماء والزيت، فما الذى يحدث إذاً؟



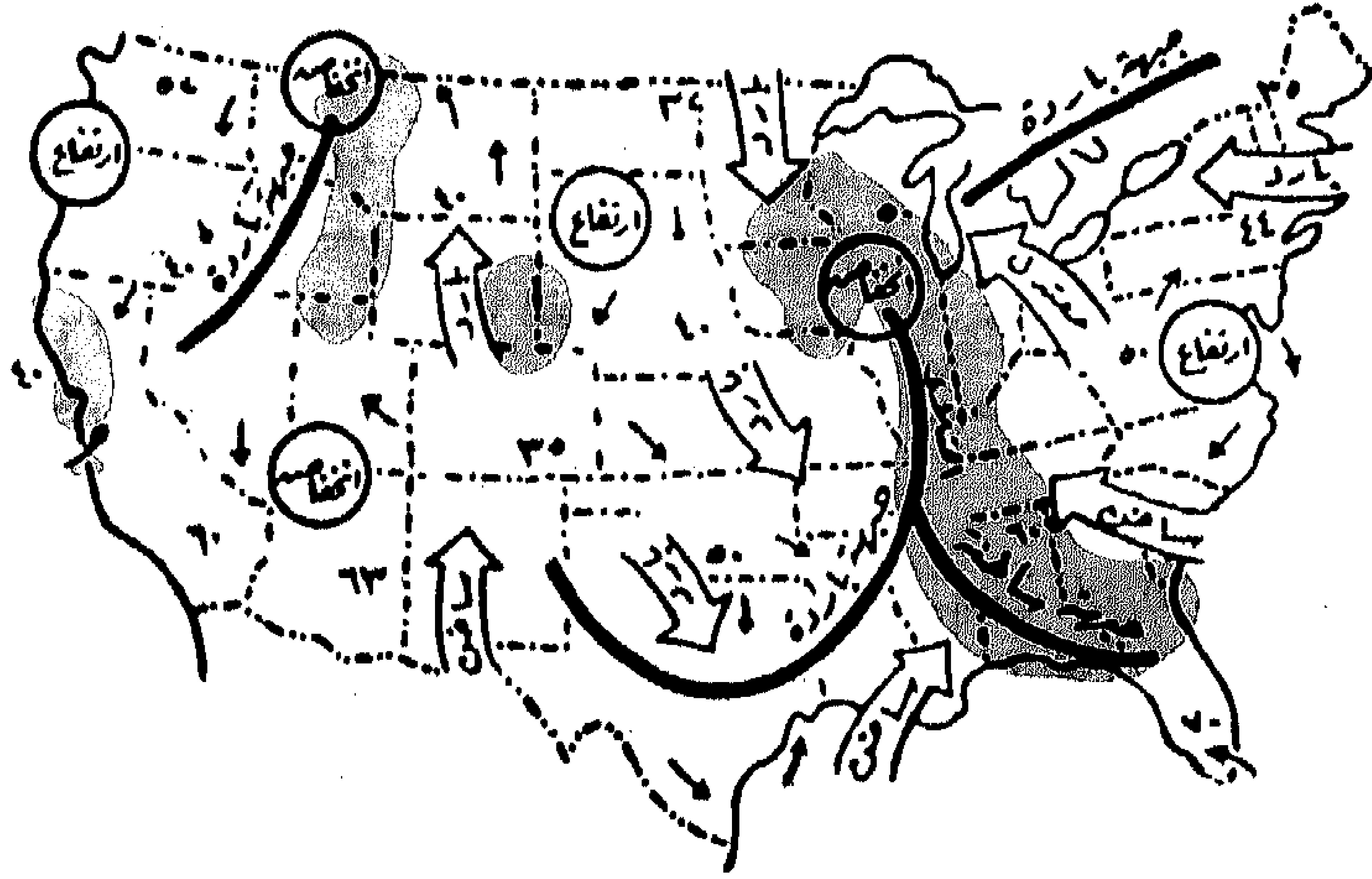
تبين الخريطة طقس أول إبريل، كما توضح الأسهم اتجاهات انسياب الهواء. المناطق الخضراء هى مناطق هطول المطر، أما الأعداد فتعطى درجات الحرارة.

وربما يحدث أن تندفع كتلة الهواء الساخن سابقة غيرها من الهواء البارد. عند ذلك ينساب الهواء الساخن أعلى الكتلة الباردة ويسمى سطح الانفصال بينهما باسم «الجبهة الساخنة». ونظراً لاندفاع الكتلة الساخنة إلى أعلى فوق الهواء البارد تتكون السحب فى مقدمة الجبهة الساخنة وعلى بعد منها قد يصل إلى ١٦٠

* هذه هى القاعدة تقريباً فى أغلب بقاع نصف الكرة الشمالى من حيث الاتجاه، أما المصدر فيختلف كثيراً بين قارئ وبحرى وصحراوى.

كيلو متر أو أكثر، ويتهيأ الظرف لهطول المطر أو الثلج. وعادة يستمر الهطول إلى حين مرور* الجبهة.

وربما يحدث العكس، ويندفع الهواء البارد مسرعاً، فنظراً لثقله النسبى نجده يتدفق أسفل الكتلة الساخنة عاملاً على رفعها إلى أعالى الجو. وينشأ على طول حافة الهواء البارد المتدفق تحت الكتلة الساخنة ما يسمى باسم «الجبهة الباردة». وهنا أيضاً كثيراً ما تتكون السحب ويصحب تكوينها نزول المطر أو الثلج*.



وفى الثانى من أبريل رسم مكتب الأرصاد هذه الخريطة
(لاحظ التغيرات التى طرأت على خريطة أول إبريل السابقة).

وأحياناً يحدث ألا تتحرك الجبهة إلا قليلا، وتسمى مثل هذه الجبهة باسم «الجبهة الساكنة»، كما قد تعمل المصادفة على احتدام النضال، لا بين كتلة ساخنة وأخرى باردة ولكن بين كتلتين باردتين. ويحدث ذلك لأن الجبهات الباردة تسير بسرعة تفوق سرعة تقدم الجبهات الساخنة، مما قد يمكن الهواء البارد الذى يزحف تحت الهواء الساخن فى الجبهة الباردة من اللحاق بالهواء البارد الذى

* فى العادة لا تسبب الجبهات الساخنة فى الشرق الأوسط أى هطول، ولا يصحبها إلا تكون السحب العالية أو المتوسطة الارتفاع فقط، وذلك نظراً لشدة جفاف الهواء الساخن فى أغلب الحالات.

* معظم مطر مصر الشتوى يصحب مرور الجبهات الباردة.

تنساب فوقه كتلة الهواء الساخن المكون للجبهة الساخنة. وتلك مرحلة يكون فيها جميع الهواء الساخن المكون لهذا الجزء من الانخفاض الجوى قد ابتعد مرتفعاً عن سطح الأرض، تاركاً مكانة فى الطبقة السطحية كتلتين من الهواء البارد يحتدم بينهما الصراع. والذى يحدث عادة فى مثل هذه الحالات أن تكون كتلة منهما أبرد من الأخرى، فتنساب الكتلة الباردة تحت الكتلة الأقل برودة، وينشأ عنهما ما يطلق عليه اسم «الامتلاء». وكثيرًا ما يلازم (جبهة الامتلاء) هذه جو ردىء ممطر.

أما وقد عرفنا شيئاً عن كتل الهواء فلم يعد شأن الانخفاض الجوى الذى على الخريطة من الأمور المعقدة أو المستعصية على الفهم. ففى وسعنا أن ندرك الآن أن الانخفاض ليس مجرد دوامة هوائية حول مركز الانخفاض كما تبادر إلى أذهاننا بادىء الأمر عندما رأينا الخبير الجوى يرسم الانخفاض على الخريطة فهو مكان المعركة التى تتقابل فيها كتل الهواء المختلفة الصفات على الجبهات حيث يحتدم القتال.

ثم نسمع رجل الأرصاد الذى شرح لنا خطوط الجبهات الثقيلة ينبهنا إلى أننا إذا راقبنا السماء والرياح ورصدناهما أمكننا أن نلاحظ العلامات التى تدل على وجود الجبهات فى أثناء اقترابها منا، فيقول:

«فهناك على بعد كبير فى مقدمة مركز الانخفاض يسود جو بارد، وتصفو السماء، إلا أنه سرعان ما تبصر سحباً خفيفة بيضاء عالية، هى سحب «السيرس أو السمحاق المتكونة من بلّورات الثلج فى قمة التيار الصاعد الذى ترك الأرض قرب مركز الانخفاض. وتحمل هذه السحب بعيداً فى المقدمة وتنطلق صاعدة فوق الهواء البارد. وكلما اقترب منا الانخفاض صار الهواء الساخن أقرب إلى سطح الأرض، وبذلك تنخفض قواعد السحب رويداً رويداً ويبدأ منها الهطول».

«وعندما تمرّ بنا الجبهة الساخنة، تلاحظ تغيراً فى اتجاه الرياح، كما يقف هطول المطر أو الثلج، إلا أن الجو يستمر رطباً كما تتلبد السماء ببعض السحب، وقد تصحبها رخات متقطعة من آن لآخر. وعندما تدنو الجبهة الباردة من الأفق تبصرها وقد تميزت بخط طويل من السحب المتراكمة بعضها فوق بعض، أو خط من سحب عواصف الرعد. وعندما تمر الجبهة تلاحظ تغيراً فجائياً فى الرياح وهبوطاً سريعاً فى درجة الحرارة. وكثيراً ما يصحب مرور الجبهة الأنواء الشديدة

المصحوبة بعواصف الرعد ورخات المطر الغزير. ثم لا يلبث أن ينقطع المطر بعد فترة وجيزة وتصفو السماء».

ثم يعمد الرجل إلى خرائط هذه الليلة، الخاصة بالرياح العليا فيعرضها علينا، ذاكراً أنها رسمت باستخدام أرصاد البالونات الكاشفة، وأرصاد الراديوسوند وصور الأقمار الصناعية وأرصاد الرادار ويقول:

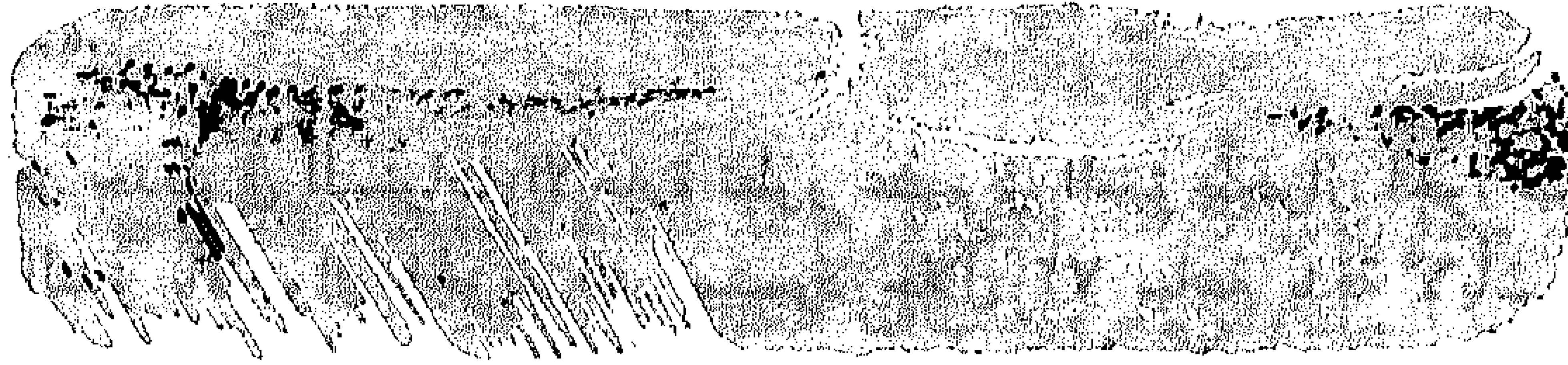
«وهذه هى خرائط الغد كما حسبناها (بروجنوستك).» مشيراً إلى مجموعة من خرائط الأسبوع الماضى. ثم يكمل كلامه قائلا: «إن خرائط البروجنوستك هى خرائط الطقس المنتظر غداً، ولقد صحت معظم هذه الخرائط رغم وقوع بعض الأخطاء. ومهما يكن من شىء فإن التنبؤ الجوى لم يبلغ درجة الكمال بعد بطبيعة الحال، إذ لا تزال بعض أساليب الجو غامضة لا نعرف عنها شيئاً، كما أن كثيراً من المسائل الخاصة بالتنبؤ الجوى لم نصل إلى حلها بعد، إلا أننا نسير حثيثاً فى طريق الصعود».

ولقد حدث فى السنوات الأخيرة تطور عظيم فى التنبؤ بأحوال الجو، فيمكن الآن التنبؤ بالأحوال الجوية التى ستسود خلال ٧٢ ساعة بدقة لابأس بها. فالخرائط فيما مضى كانت تبين ما هو واقع حين أخذ الأرصاد، وكان على الراصد أن يعتمد على طرق إحصائية لمعرفة ما تؤدى إليه هذه الأرصاد مجتمعة على ضوء ما شوهد على مر السنين. أما الآن فيمكن تطبيق قوانين الفيزياء على حركة الهواء والسحب فى الجو، وصياغة المسألة فى معادلات رياضية يمكن حلها، فتعطينا معلومات عما يجرى فى الجو حاليًّا وما يحتمل أن تكون عليه أحواله فى المستقبل. ولقد كانت الصعوبة فى الماضى هى حل هذه المعادلات، فهى معقدة وحساباتها طويلة ومضنية فيستلزم إجراء هذه الحسابات عشرات الألوف من الساعات وطبعاً كان هذا الجهد أمراً مستحيلاً فى الماضى، ولكن باختراع الحاسبات الألكترونية السريعة أصبح ممكناً الآن.

ويوجد فى مراكز الأرصاد الجوية العالمية، وكذلك فى بعض المراكز الإقليمية، حاسبات عملاقة، تستخدم الأرصاد التى تأتى هذه المراكز من جميع أنحاء العالم وتحسب سلوك الرياح على مدى ١٢ و١٨ و٢٤ و٣٦ و٤٨ و٧٢ ساعة. وبرنامج الحاسب الألكترونى معد ليعطى الإجابات على شكل عدد ضخم من

الخرائط يحسبها ويرسمها مرتين يوميًّا، وتنقسم هذه الخرائط إلى مجموعتين إحداهما لسطح الأرض تتنبأ بخطوط تساوى الضغط على سطح الأرض لأجزاء العالم المختلفة، والأخرى تبين الرياح ودرجات الحرارة المتوقعة على ارتفاعات مختلفة تصل إلى ٢٠٠٠٠ متر. وتستخدم هذه الخرائط للطيران. وتذيع مراكز الأرصاد الجوية العالمية وبعض المراكز الإقليمية خرائط التنبؤ بأحوال الجو على النطاق العالمى، طبقاً لنظام تضعه هيئة الأرصاد الجوية العالمية.

ويقتصر برنامج الحاسب الألكترونى على التنبؤ بسلوك الرياح وتحركات الانخفاضات والارتفاعات الجوية، كما أنه لا يستطيع التنبؤ بذلك لأكثر من ٣ أو ٥ أيام، حيث أن هذه الانخفاضات والارتفاعات الجوية لا تلبث أكثر من ذلك، ولا يمكن التنبؤ بمكان ولا زمان ظهور الانخفاضات والارتفاعات الجديدة.





١١
رجال الرصد الجوى يعملون

يتكلم كل شخص عن الطقس. وهناك عدد وفير من الناس يرصدونه باستخدام شتى أنواع الأجهزة، وحتى من غير أجهزة بتاتاً. ولننظر الآن فيما تصنعه مكاتب الطقس عندنا بالمعلومات التى تعطى لها، وذلك بعمل رحلات جوية إلى عدد منها، ودراسة الاحتياجات المحلية فى بقاع القطر المختلفة وما تقدمه هذه المكاتب من خدمات.

لتكن أول رحلة لنا إلى مدينة نيويورك حيث توجد مكاتب الطقس فى الطابق التاسع والعشرين فى مبنى بقسم يقال له البطارية (باتارى) فى الجزء الأدنى من منهاتن. اعتقدنا أنه ربما نجد بعض الفنيين الذين يقومون برسم الخرائط، إلا أنه تبين لنا أن هذا المكتب لا يرسم إلا عدداً قليلا من الخرائط، أما الجزء الأكبر من خرائط الطقس فإنه ينقل بوساطة الفاكسيميل من واشنجتون وتعمل على أساسه التنبؤات الجوية.

وتتركز مشكلة نيويورك - كما يقول لنا رجل الأرصاد - فى سيل الاستفهامات الذى لا ينقطع. فهناك الألوف المؤلفة من الناس الذين يرغبون فى الوقوف على حالة الجو المنتظرة، وهم لا يكتفون بخرائط الطقس والتنبؤات

الجوية التى تنشرها الصحف فالتنبؤات الجوية التى تنشرها الصحف اليومية تأتى متأخرة ولا تمثل واقع الحال بالضبط فهى متأخرة ما يقرب من ١٢ ساعة، حيث أنه ينقضى وقت طويل بين إبلاغها للصحيفة وطبعها وتوزيع الصحيفة، وربما تكون النشرات الجوية التى تذاع بالراديو والتليفزيون أكثر دقة، ولكن أهل نيويورك يريدون أن يسمعوا الإجابة عن حالة الجو المنتظرة بالتليفون. وبطبيعة الحال لا يستطيع مكتب الأرصاد الرد على كل الاستفهامات والطلبات دفعة واحدة؛ إذ أن هذه العملية تتطلب ٢٠٠ جهاز من أجهزة التليفون ومئات الأفراد الذين يقومون بالرد يوميًا، ولذلك لجأ المكتب إلى فكرة تليفون الإنسان الآلى.

ويشرح لنا خبير الأرصاد هذه النقط فيقول: «يرسل المكتب كل ساعة تنبؤاً جويًا جديداً بالتلغراف الكاتب إلى مركز التليفونات الرئيسى، حيث تقوم إحدى العاملات بتسجيله على شريط مغناطيسى. وفى إمكان أى شخص فى نيويورك أن يطلب رقم تليفون معين ليلا أو نهاراً ويسمع صوت العاملة تذيع آخر تنبؤات الجو. ويجيب هذا التليفون الآلى على مئات الألوف من الاستفسارات يوميًا. فما أكثر الذين يعتمدون فى أعمالهم على الطقس.

وتوافق زيارتنا للمكتب قرب نهاية موجة من الطقس الحار، وقد سئم الناس شدة الحر والجو المقبض، وهرع كل فرد يستفهم عن موعد انتهاء تلك الموجة. والحق إن حرارة الجو لاتطاق، فقد بلغت درجة الحرارة فى الساعة الواحدة بعد الظهر ٣٤ درجة مئوية. ولهذا صار يتلقى التليفون الآلى آلاف الطلبات. وأشار التنبؤ الجوى إلى قرب انتهاء تلك الموجة نظراً لأن جبهة باردة ضعيفة تعبر أعالى ولاية نيويورك وشرق بنسلفانيا. وتطلعنا إلى السماء فإذا هى خالية من السحب، ومعنى ذلك أنه إذا لم تعبر تلك الجبهة الباردة المدينة يكون ذلك اليوم أعظم أيام العام حرارة.

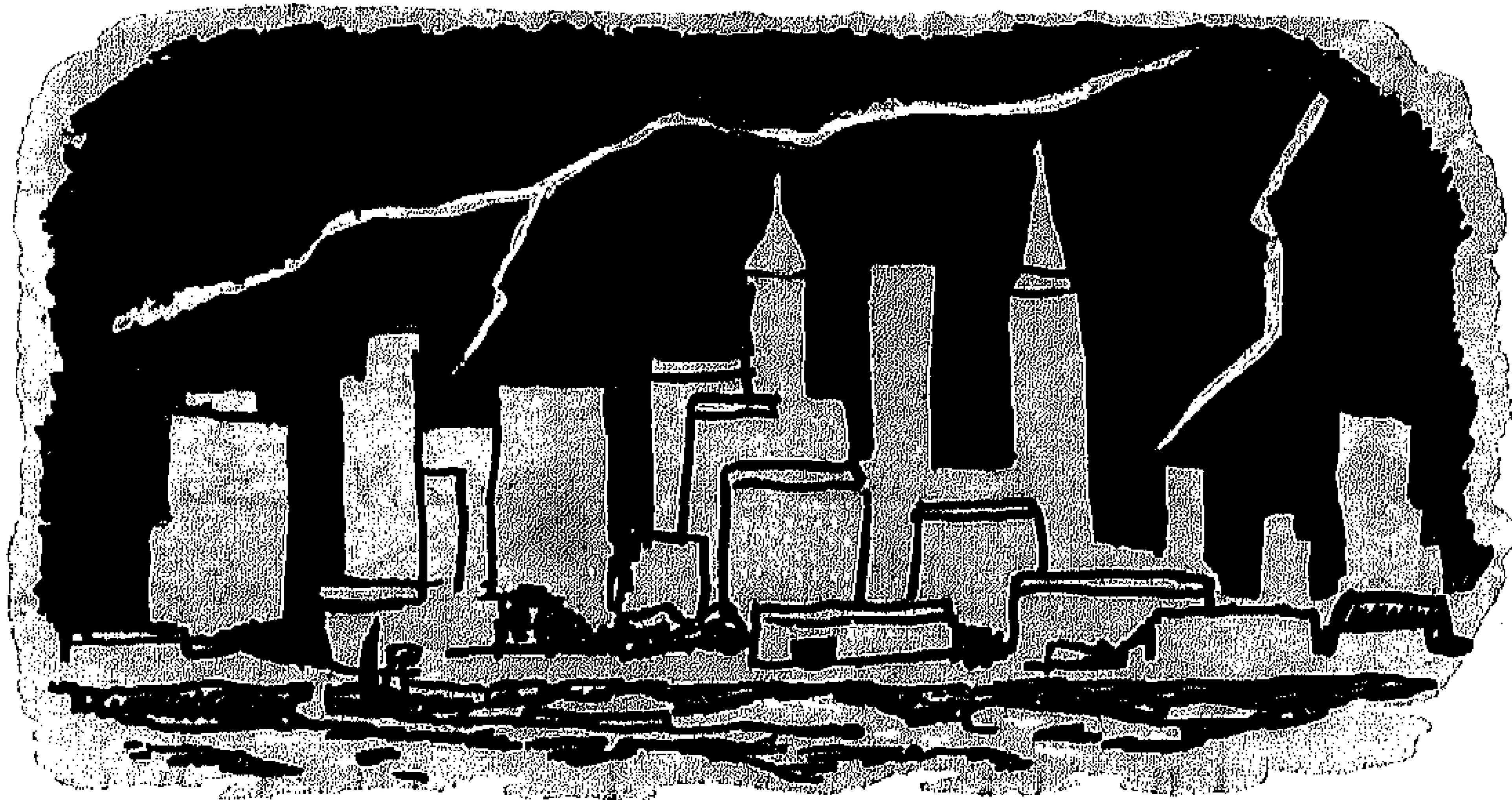
ويحدثنا الميتورولوجى فيقول: «ليس من شك أنه سوف يصلنا عصر هذا اليوم. وليس عليكم إلا أن تحضروا هنا إلى (البطارية) فى تمام الساعة الثالثة والدقيقة العاشرة. تعالوا وانظروا الرادار».

ونقترب من جهاز الرادار، ونبصر قرب حافة شاشته خطاً من البقع البيضاء، ويتم الرجل حديثه قائلا: «ذلك هو صدى عواصف الرعد التى على الجبهة الباردة. وعندما نتتبع إزاحة هذا الصدى على الرادار نكون فكرة واضحة سليمة.

عن موعد وصول المطر إلى نيويورك. وتساعدنا هذه الأرصاد على ضبط تنبؤاتنا التى نذيعها بالتليفون الآلى والراديو والتليفزيون. وهناك فى مطار لاجوارديا يعدون تنبؤاتهم الجوية الخاصة كذلك ويذيعونها بالراديو لفائدة الطائرات الكبيرة التى تعبر الأطلسى، ولغيرها من الطائرات التجارية والخاصة بطبيعة الحال. ونحن نلتقط تنبؤات لاجوارديا ونذيعها مرة أخرى من هنا، وذلك نظراً لأننا نستطيع إرسالها عبر مسافات أكبر من أعلى هذا المبنى. وتستقبل جميع المطارات المحيطة بهذه المنطقة إذاعتنا هذه لتحصل على آخر أنباء الطقس. وبهذه الطريقة يحصل الطيارون على حاجتهم من التنبؤات والتقارير الجوية حتى عندما تكون أجهزة تليفون المكتب مشغولة».

ثم نصعد إلى السقف لنشاهد أجهزة الرصد. وفى الساعة الثالثة والدقيقة العشرين نسمع هدير الرعد ونبصر السحب الثقيلة المعتمة فى الغرب ومن فوقها القباب البيضاء وسحب السندان المميزة لعواصف الرعد ووميض البرق يكاد لا ينقطع بين تلك السحب. وعندما تظلم المدينة تضىء آلاف المكاتب أنوارها الكهربية، ولكن لا حرج فقد وصل الإنذار بالعاصفة إلى شركة النور فأعدت العدة لمد المدينة بالتيار اللازم للإضاءة مهما عظم السحْب.

وفى الدقيقة الثامنة والعشرين بعد الساعة الثالثة ينتشر خط هبوب من السحب المظلمة عبر منهاتن السفلى، ويبدأ عصف الرياح، فنسمع الهواء البارد



تضاء مدينة نيويورك بالكهربا عندما تسود فوقها عاصفة رعد بعد الظهر.

يدوى حول المبنى، وتتساقط عدة نقط كبيرة فنترك السقف ونهرول إلى الداخل بعد أن نعاين مسجل الحرارة ونراه قد سجل فى الساعة الثالثة درجة قدرها ٣٧ درجة مئوية. وهكذا نتبين أن الجو البارد أقبل متأخراً عن موعده الذى قدر له فى مبنى البطارية (الباتارى) بثمان عشرة دقيقة فقط. ونقرأ درجة الحرارة فى تلك اللحظة فنجدها ٢٨ درجة مئوية، ونشاهد هبوطها البطئ المستمر بعد ذلك. ولكن المدينة الكبيرة بما حوت من كتل الصخور والطوب فى مبانيها الضخمة المصنوعة من الأسمنت المسلح تحتاج ولا شك إلى وقت غير قليل لتبريدها.

والآن دعنا نعمد إلى تغيير المنظر والزمن والجو، ولنفترض أننا فى سنسيناتى وقد بدأ الربيع، وتدفقت مياه الأمطار المنهمرة والثلوج المنصهرة عقب الأيام الدافئة إلى الأوهيو حتى فاض النهر وامتلأ، ولقد استفاد بعض الناس من أعمال مقاومة الفيضان ودرء أخطاره، إلا أن الحالة لا تزال حرجة تهدد بالخطر، ورجال مكتب الأرصاد يواصلون العمل بلا هوادة فهم يناقشون المهندسين تارة، ويعمدون إلى إذاعة النشرات وعمل التنبؤات الجوية تارة أخرى ويقع المهندسون فى حيرة من أمر الفيضان، فالسماء الآن صافية والأمل عظيم فى إنقاذ الموقف لولا تلك الآلات التى تكتب الأرصاد الجوية وتنقل أخبار قصة اضطراب جديد، فإن المتنبىء الجوى يقول إن الفيضان سيرتفع.

وتبدأ تجمعات سحب السيرس فوق رءوسنا لتكتب رسالة على صفحة السماء، ونبصر بعد فترة هالة شمسية بسبب انحناء أشعة الشمس عن مسارها الأصلى عقب مرورها فى بلّورات الثلج. ونشاهد السحب وقد أخذت تنخفض شيئاً فشيئاً مؤيدة القصة نفسها التى روتها الآلات التى تنقل أرصاد الجو، فها هى ذى جبهة ساخنة تقترب من وادى نهر الأوهيو ويصحبها المزيد من المطر. وينتصف النهار وسط سحب المطر الثقال التى يخيم معها الظلام، فنكاد لا نرى الشمس. وقبل أن يسدل الليل ستاره يبدأ تساقط المطر الخفيف.

ويدأب مكتب الأرصاد على إرسال التحذير تلو الآخر منبهاً إلى أن النهر سيفيض ويرتفع إلى منسوب أكبر. ويزداد القلق لما قد يسببه الفيضان وطغيان النهر من خسائر فادحة وبؤس وشقاء لكثير من الناس.

ويقبل الصباح والمطر ينهمر فى غزارة مستمرة فى أعلى الوادى، ولا يتسع وقت رجال الأرصاد الجوية للتحدث معنا، إلا أننا نفحص آخر ما رسموا من خرائط

الطقس ونتبين أن طغيان مياه أوهيو ليس إلا جانباً من جوانب قصة الطقس.

ونتبين أنه فى مؤخرة ذلك الانخفاض الجوى الذى سبب المطر، يزحف ارتفاع جوى ومعه كتلة هوائية باردة تنساب صوب الجنوب منطلقة من كندا إلى شمال الروكيز وينتشر الارتفاع الجوى شرقاً إلى الداكوتاز ونبراسكا. وتنحدر جبهة باردة قوية من الجبال وتعبر السهول وسط هطول الثلج وعصف الرياح وانخفاض درجات الحرارة إلى ماتحت معدلها لهذه الفترة من السنة.

وننسى أمر الفيضان لحظة، ونذكر أنه لابد أن تكون هناك مئات المسائل التى يلزم معالجتها بسبب زحف تلك الموجة الباردة عبر الإقليم. ويضع جهاز



قد تنجم عن الأمطار الغزيرة فيضانات الأنهر والمجارى المائية.

(التليتيب) بما ينقل من أرصاد إلى مكتب التنبؤات فى سنسيناتى بعض هذه المسائل أمام ناظرنا وبين يدينا، فنرى أن التنبؤات الخاصة بالموجة الباردة تذاع فى الولايات الغربية على النحو الآتى: «أنذر أصحاب الجملة!».

وأصحاب الجملة هؤلاء الذين يعنيهم رجل الأرصاد الجوية هم فى الغالب أصحاب قطعان الغنم؛ إذ توجد فى المناطق الغربية ٢٧ مليون رأس من الغنم ترعى كلها فى العراء. فعندما يذوب الثلج فى الربيع تنبت الحشائش فى المناطق المرتفعة على الجبال وتساق إليها ملايين الغنم، ولا يوجد مايحميها من غوائل الطبيعة على تلك المرتفعات سوى الأودية الضيقة التى خلف الجبال أو فى الغابات. ولهذا نجد أن من واجبات رجال الرصد الجوى فى فصل الربيع التنبيه إلى هذا الأمر. والمعروف أنه فى حالات ولادة الأغنام فى العراء تسبب أمواج البرد الفجائية التى لا يسبقها إنذار من رجال الرصد كثيراً من الخسائر الفادحة. ويتضمن التحذير الجوى: «أنذر أصحاب الجملة» كل المعانى التى يتطلبها أصحاب هذه الأغنام، فلا يكاد الهواء البارد ينساب إلى منحدرات الجبال إلا وتكون ملايين الأغنام وقطعان البقر كذلك قد سيقت بأسرع ما يمكن إلى أى مخبأ أو مأوى تحتمى فيه.

ولا يذكر (التليتيب) شيئاً عن أقصى الجنوب، ففى مثل هذا الوقت من العام لا يخاف رجال الرصد الجوى على بساتين الفاكهة فى الجنوب من أمواج البرد التى تنساب من الشمال، وقلما تسبب الارتفاعات الجوية الكبيرة وما قد تسوقه من هواء بارد أى ضرر فى أقصى الجنوب خلال الربيع.



ينذر أصحاب قطعان الأغنام بالانخفاض الفجائى فى درجة الحرارة

ولكن الضرر كل الضرر يحدث فى الشتاء ففى هذا الفصل قد تصل الجبهات الباردة القوية تتبعها الارتفاعات الجوية الضخمة إلى شاطىء الخليج وفلوريدا أو جنوب كاليفورنيا. وعندما ينذر الجو البارد بذلك تكثر أعباء رجال الرصد الجوى، فيعمدون إلى إذاعة الإنذارات الجوية. وكثيراً ما تكون إنذاراتهم هذه السبب فى إنقاذ ملايين الدولارات لأصحاب الفاكهة. والذى يحدث عادة عندما يصل الإنذار الجوى هو أن يعمد أصحاب البساتين إلى ملء مشاعلهم التى يسع الواحد منها خمسة أو عشرة جالونات بالوقود، ويوزعونها بين صفوف الأشجار، ثم يشعلونها لكى تتصاعد منها أعمدة كثيفة من الدخان* وترتفع درجة حرارة الطبقات السطحية من الهواء رويداً رويداً حتى يعم الدفء طبقة لا يقل ارتفاعها عن ارتفاع أشجار الفاكهة. ولا يترسب الصقيع عادة إلا على الأجسام القريبة من سطح الأرض، وتحول الحرارة المنبعثة من المشاعل دون حدوث ذلك.

ويتحمل رجال الرصد الجوى مسئولية كبرى عندما ينصحون بوجوب إشعال النار فى البساتين، لأنه لا حاجة تدعو إلى ذلك إلا تحت ظروف الجو الملائمة وإلا ضاع ثمن الوقود بلا فائدة.

ومهما يكن من شىء فإن فلوريدا كثيراً ما يهاجمها عدو أشد وأنكى من برد الشتاء وصقيعة، وما هذا العدو سوى (الهاريكين). فلننتقل إذاً إلى مكتب الأرصاد فى ميامى لنرى ماذا يجرى فيه عندما يرصد هذا الإعصار.

أول ما يلفت نظرنا وجود مكتب خاص للإنذار بالهاريكين ضمن وحدة التنبؤات فى ميامى ويتلقى هذا المكتب تقارير الجو الهامة التى ترسلها السفن والجزر فى منطقة البحر الكاريبى وبمجرد أن يرصد إعصار من هذا النوع يرسم المكتب موقعه على الخرائط ويتتبع حركته، ويساعده على هذه العملية سلاح الطيران والبحرية، إذ تعمد هذه القوات إلى إرسال طائرات خاصة إلى منطقة (الهاريكين) لتبحث عن مركزه وترسل التقارير الخاصة عنه، وقد يحدث أحياناً أن تنطلق الطائرات مباشرة إلى مركز الإعصار.

وتتحرك (الهاريكين) فى المناطق الاستوائية الحارة من الشرق إلى الغرب، إلا أنها عندما تصل شمالا إلى المناطق المعتدلة ينحرف مسارها بحيث تنطلق شرقاً فى

---

* لاحظ أيضاً أن الدخان يمنع فقد حرارة الهواء السطحى والشجر بالإشعاع، ويكون بمثابة الغطاء المنيع.



يمكن أن تطيح (الهاريكين) بالسقف وتهدم المبنى

حزام الغربيات السائدة، حتى إذا ما قاربت الجزر والشواطئ عمد مكتب الأرصاد إلى الإنذار بها.

ولا يضيع الوقت سدى بعد ذلك، إذ يهرع الناس فى منطقة الإعصار مسرعين إلى إغلاق النوافذ فى كل مكان. والحق أن نوافذ المخازن المصنوعة من ألواح الزجاج العريضة تكلف كثيراً فى هذه البقاع، إذ يعرف أصحاب البيوت تماماً من الخبرة المرة أنه إذا انسابت الرياح إلى داخل أى مبنى خلال أى فتحة من الفتحات كالنوافذ المكسورة فإن معنى ذلك غالباً الإطاحة بالأسقف وهدم المبنى. ويعرف كل فرد يقيم فى مكان معرض للخطر بالقرب من الشاطئ أن عليه كذلك أن يغادر مكانه بمجرد أن يشار عليه بذلك، ولهذا نجده يعد العدة للرحيل. ولقد حدث مرة أن انتقل إلى داخل البلاد نحو ٥٠ ألف شخص فراراً من إحدى هذه العواصف الجبارة.

ووصلنا المكتب فى لحظة مثيرة، لأن إحدى عواصف (الهاريكين) العظمى كانت تسير ببطء عبر البحر الكاريبى خلال الأيام الأربعة الماضية. وكانت تقارير الجزر والسفن والطائرات توقع على الخرائط طوال الليل والنهار، وبذلك أمكن تتبع مركز الإعصار وإذاعة التحذيرات الخاصة به إلى جميع السفن والجزر الواقعة فى مساره. وتناقصت أعداد التقارير المذاعة من السفن بشكل ظاهر؛ إذ أنها عندما تلقت الإنذارات الجوية لاذت بالفرار وابتعدت عن خط سير العاصفة.

ويوجد مكتب الأرصاد بميامى فى بناء خاص بأعلى عمارة عالية. ويستطيع المرء أن يرى منه معالم المدينة وما بعدها إلى مسافات بعيدة تمتد إلى حيث يختفى المحيط الأطلسى فى الشابورة وراء الأفق، وتهب علينا رياح ساخنة تشتد أحياناً.



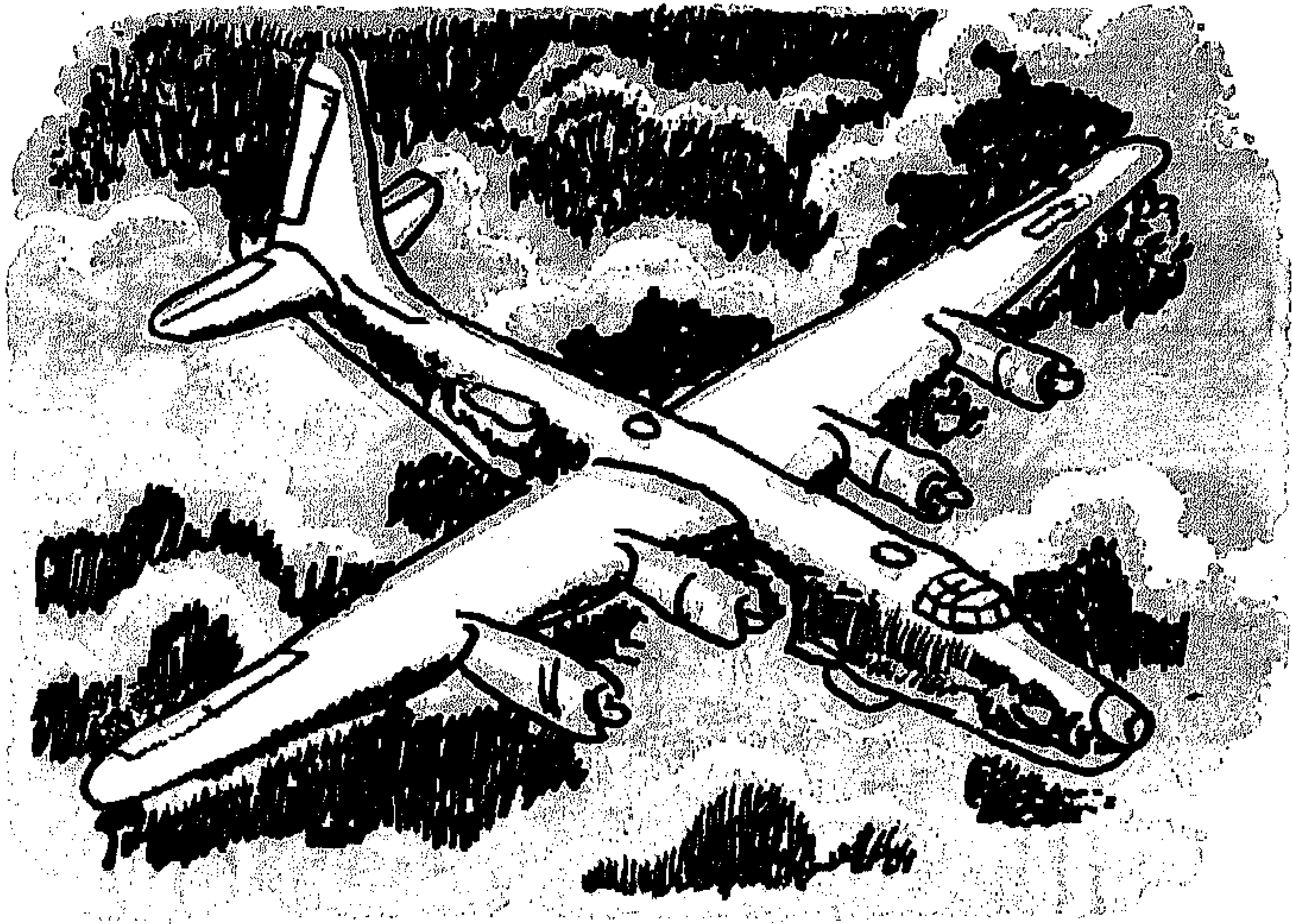
يحذر من الهاريكين برفع أزواج من الأعلام الحمراء يتوسطها لون أسود.

ونبصر بأشجار النخيل تتمايل فى مهب الرياح عن كثب منا، ونسمع صوت طرقات متتابعة، فقد عمد الناس إلى إحكام إغلاق نوافذهم. وترتفع أعلام مربعة حمراء اللون يتوسطها لون أسود فوق الأبراج والشواخص الموجودة على طول الشاطىء. ويعرف الجميع أن هذه الأعلام هى الإنذار (بالهاريكين).

ونبصر أحد رجال الرصد الجوى يتقدم من آلة (التليتيبريتر) آلة التلغراف الكاتب ويبعث برسالتين: إحداهما إلى القاعدة البحرية، والثانية إلى مركز سلاح الطيران. وتوافق البحرية على إرسال إحدى طائراتها إلى العاصفة فى الصباح، أما سلاح الطيران فسيرسل طائرة من قاعدته فى برمودا بعد الظهر.

وهكذا سار من المقرر أن يخوض نفر من الأبطال معركة عنيفة ضد الرياح المدمرة العاتية ليصلوا إلى المركز الهادىء الساكن للإعصار العظيم.

وهناك صف من أجهزة مكبرات الصوت فى المكتب، تتصل بشتى محطات التليفزيون والراديو فى ميامى، وكذلك محطات بعض المدن الأخرى بفلوريدا. ويعمد رجل الأرصاد إلى زر فيضغطه، لتصبح كلماته مذاعة - على الهواء - ويسمع



تتصيد إحدى طائرات السلاح البحرى المركز الهادئ للإعصار العظيم.

صوته فى شتى أرجاء فلوريدا. ويطلع الرجل القوم على ما تصنعه (الهاريكين)، وعلى مدى سرعة الرياح، ومقدار المد المتوقع حدوثه على الشاطىء عندما يدنو مركز الإعصار.

وبينما نحن ننتظر تقرير طائرة القوات البحرية، نفهم أن أجهزة (التلغراف الكاتب) تحمل الرسائل حول الشاطئ من جنوب تكساس إلى ماساشوستس، لأنه حتى أهل نيو إنجلاند يتملكهم القلق ويستحوذ عليهم الخوف عندما تحمل التقارير خبر ظهور (الهاريكين)، خصوصًا بعد عام ١٩٣٨ عندما اجتاحت عاصفة نيو إنجلاند وسببت تلف ما يقرب ثمنه من ربع بليون دولار. فمنذ ذلك العام وأعصاب الناس لا تتحمل ذكر (الهاريكين).

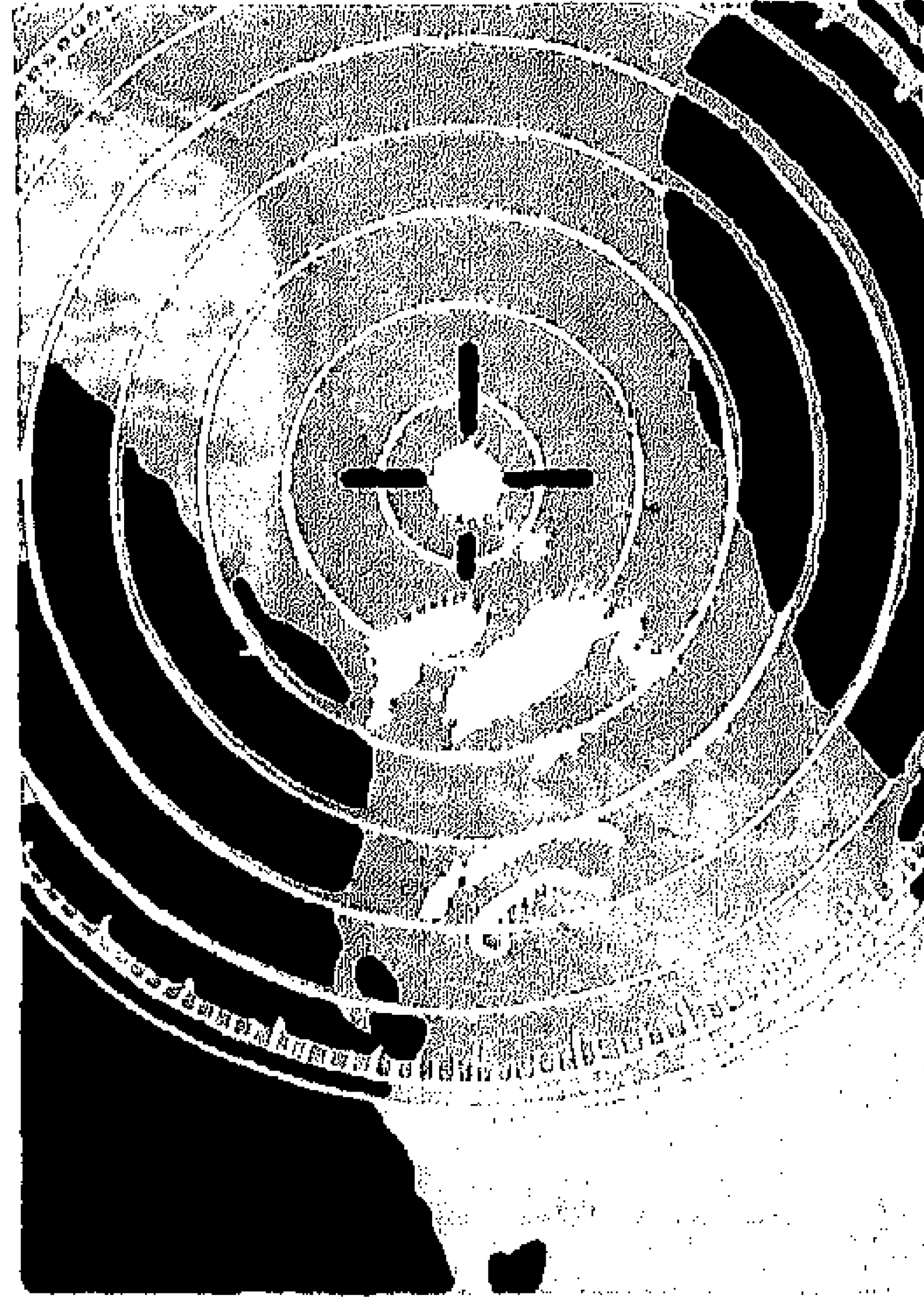
ونسمع بعد فترة أنه قد وصلت رسالة من طائرة البحرية. إنها فى (عين) الإعصار تماماً. وقد استطاع الطيارون رصدها بالرادار، ثم اقتحموا الرياح العاتية من أجل الوصول إلى الهدف وعينوا موقعهم، وهو موقع (عين) الإعصار بطبيعة الحال. وعندما أرسلت طائرة السلاح الجوى تقريرها فيما بعد اتضح أن العاصفة تقترب.

وعندما يدنو الإعصار ويصبح تحت طائل جهاز رادار رجال الرصد الجوى، تراهم يراقبون صداه على شاشة الجهاز. ونتقدم بدورنا لنرى ماذا يجرى، فنبصر على الشاشة أحزمة بيضاء لولبية تتوسطها بقعة صغيرة سوداء هى (عين) الإعصار التى ينعدم فيها المطر ولا يتكون لها صدى. ومنذ هذه اللحظة إلى حين أن تزأر العاصفة عبر الشاطئ منطلقة إلى أعالى الولاية يمكن تتبع المركز بأجهزة الرادار فى ميامى وغيرها من الجهات.

ونسأل رجل الأرصاد قائلين: «هل ينتظر أن تحدث العاصفة تلفاً بالغاً؟»، ويجيب الرجل: «نعم، للممتلكات، ولكن من حيث الأرواح فلا داعى للخوف. إننا فى هذه الأيام لا نفقد كثيراً من الأنفس عندما تجتاحنا (الهاريكين)، وذلك بفضل إنذاراتنا. أما قبل أن تدخل هذه الطرق الحديثة من أجل مقاومة أخطار العاصفة فكانت تزهق مئات بل وآلاف الأنفس فى إعصار واحد، واليوم قلما تزيد الخسائر على اثنتى عشرة نفساً، على أنه فى السنين الأخيرة لا يفقد إلا شخص أو شخصان عموماً فى كل عاصفة، والسواد الأعظم منهم يموت بسبب سقوط أسلاك

الكهربا عليهم، أو لأنهم يتجولون فى العاصفة فى الوقت الذى يجب عليهم فيه البقاء فى مكان أمين».

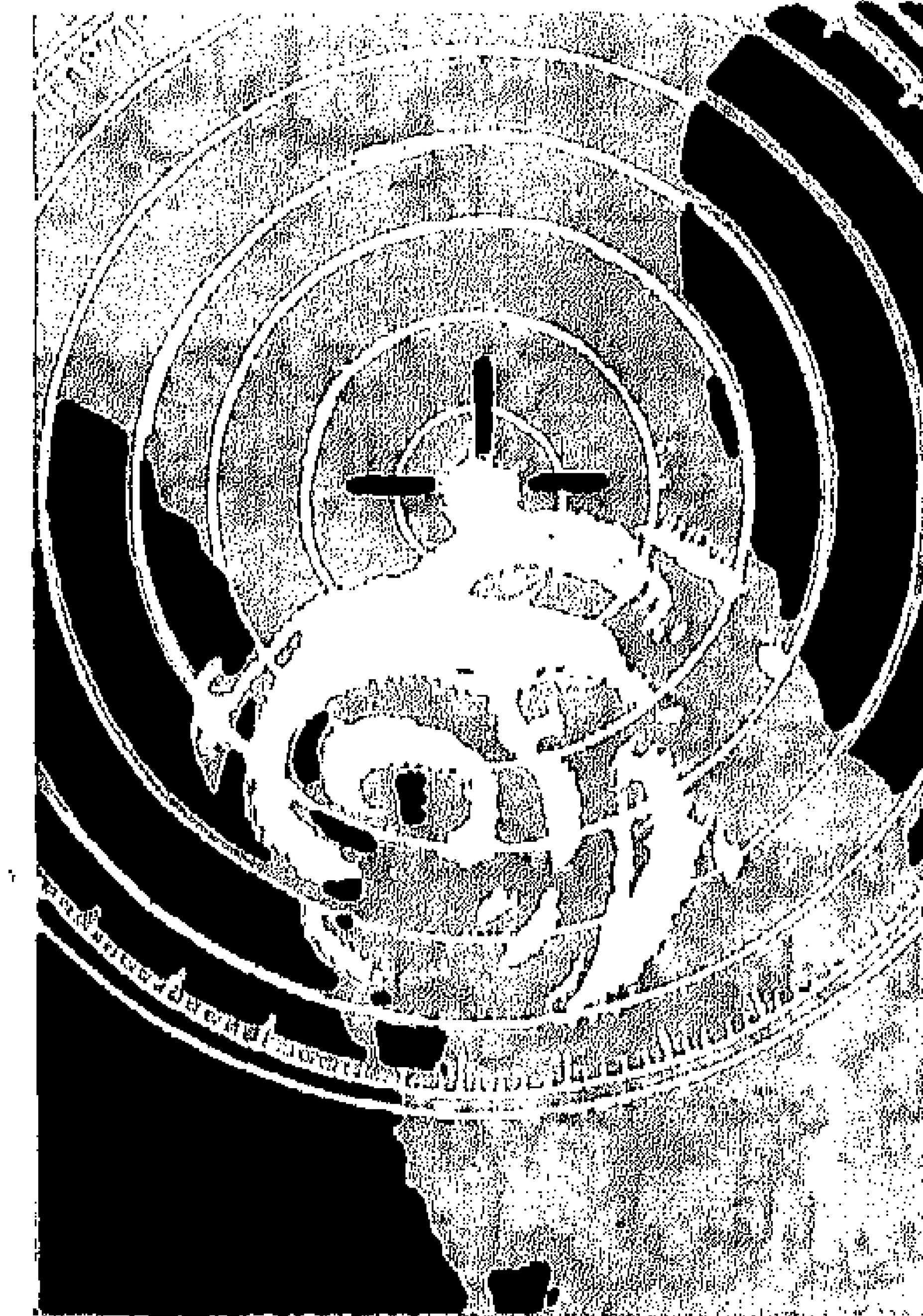
ونتأثر كثيراً، ونخرج ونحن نشعر أنه يحق للإنسان أن يفخر، فإن قوى الطبيعة برغم عظمها وعدائها له فى أغلب الأحيان، وبرغم أنه لا يستطيع السيطرة عليها، نجده يستطيع حماية نفسه منها، وهو يفعل ذلك بالفعل.



الساعة ٥,٠٠ صباحاً ٢٧ من أغسطس



الساعة ١١,٠٠ بعد الظهر ٢٦ من أغسطس



الساعة ٩,٣٠ صباحاً ٢٧ من أغسطس



الساعة ٦,٣٠ صباحاً ٢٧ من أغسطس

(هاريكين) ٢٦-٢٧ أغسطس عام ١٩٤٩، كما ظهر على الرادار. E هى (عين) الإعصار



١٢
من أجل خير الجميع

منذ زمن غير بعيد جاء مزارع يدعى جورج و. رتشاردز من منيسوتا إلى واشنجتون بدعوة من حكومة الولايات المتحدة التى رغبت فى تكريمه لمساعدته مكتب الأرصاد على فهم أساليب الطقس.

وفى ذلك الوقت كان عمر الرجل ٨٠ سنة، وعندما كان صبيًّا فى سن العشرين أعطته الحكومة جهازاً لتسجيل المطر و«كشكا» للترمومترات بكامل معداته، وذلك مقابل ما تعهد به من رصد عناصر الجو يوميًّا بموطنه بلدة (مابل بلين) من أعمال منيسوتا. وبرّ جورج رتشاردز بوعده خلال ستين عاماً حصل خلالها على تسجيلات يومية لعناصر الجو فى بلدته دون أجر أو مقابل، وكل الذى حصل عليه هو الشعور بالرضا والسعادة لقيامه بعمل مفيد نافع.

وفى واشنجتون صافح جورج رتشاردز كبار المسئولين الذين اجتمعوا من أجل تكريمه، ولم يكن يخطر بباله أنه كان أهم شخص فى ذلك الاجتماع، فقد كان كبار رجال الدولة ينظرون إليه نظرة الإعجاب والتقدير، ويغبطونه على ما أدّى من

عمل مجيد. أى استعراض رائع للجو وتقلباته شاهد هذا الرجل بابتسامة حلوة جذابة وخُطًا سريعة خلال ستين سنة! حقًّا لقد مرت أمامه الأنواء العنيفة، وأمواج البرد القارس وعواصف الثلج، والأمطار الغزيرة، والبرد الثقيل المؤذى، والجليد السميك العميق، والحر اللافح، وخلال كل هذه الظواهر ظل الرجل يجمع الأرصاد بصدق وأمانة. وفى كل يوم يمضى كان يكتب ملاحظاته عن جو بلدته مابل بلين بمنيسوتا يوماً بعد يوم. ولما جمعت هذه التقارير أعطت فكرة رائعة عن مناخ ذلك الجزء من أمريكا.

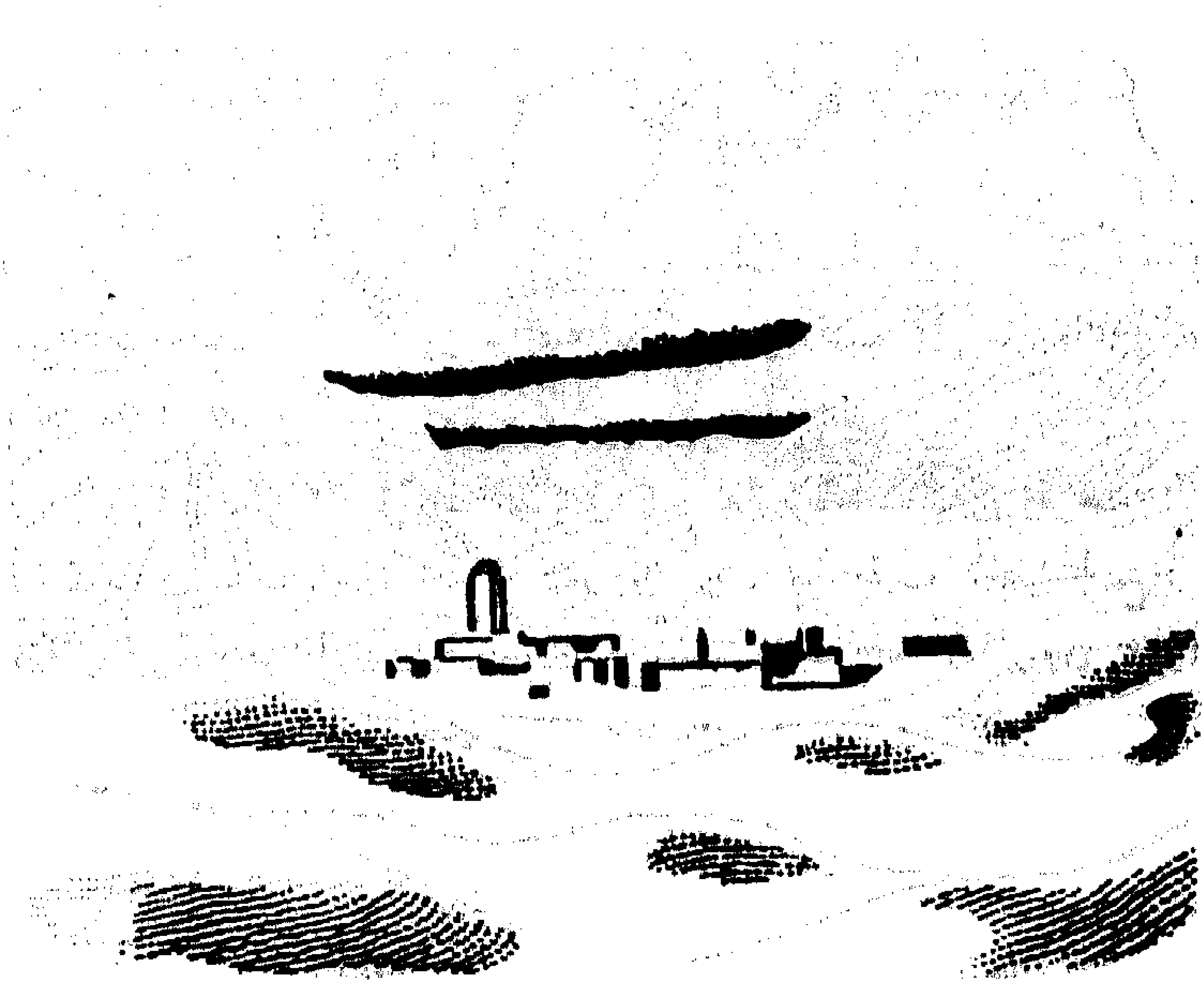
ولم يفطن جورج رتشاردز إلى أنه قام بعمل مجيد، وكان جوابه: «لقد استمتعت بذلك العمل، فإن مراقبة الطقس عن كثب على هذا النحو عملية مثيرة حقًّا ومحببة إلى النفس».

ولم يكن هذا الرجل المخلص فى جمع تقاريره الشخص الوحيد الذى رغبت الحكومة فى تكريمه، فقد تطوع كثيرون غيره عن طيب خاطر لجمع أرصاد مماثلة خلال فترات من الزمن طويلة جدًّا. فمثلا هناك خمسة آخرون جمعوا أرصادهم لمدد مماثلة، ولكن لم يستطيعوا الحضور إلى واشنجتون لأسباب ربما ترجع إلى اعتلال صحتهم أو انشغالهم فى أعمالهم. وغير هؤلاء كثيرون ممن جمعوا أرصاداً لمدة ٥٥ سنة، و ٥٠ سنة، وأكثر من ٤٠ سنة.

وربما لا يعلم الكثيرون منا أن للولايات المتحدة جيشاً صغيراً يخدمها دون مقابل. فإنه يوجد أكثر من ٥٠٠٠ متطوع، ما بين رجل وامرأة يسجلون عناصر الجو يوميًّا فى مناطقهم بمحض اختيارهم. وليس من شك أن كل فرد منهم إنما يصنع صورة واضحة عن جو مكانه، وأن هذه الصور الصغيرة مجتمعة إنما تكوِّن الصورة الكبرى للإقليم بأكمله.

ولقد مر وقت لم تكن تعرف فيه مصلحة الأرصاد عن المناخ ما تعرفه اليوم، ويرجع ذلك إلى عام ١٨٧٠ عندما وافق الكونجرس لأول مرة على إنشاء مصلحة للأرصاد تخدم الشعب الذى كان سواده يحاول فى تلك الآونة النزوح إلى الجهات الغربية والاستقرار فيها. ولم تكن تلك البقاع معروفة تماماً، وتطلب ذلك الأمر دراسة مناخ الإقليم والإجابة على كثير من الأسئلة مثل: هل يمكن زراعة القمح هناك؟ أى نوع من البيوت يلائم تلك المنطقة؟ هل الشتاء طويل وشديد البرودة؟ هل يحتمل أن يعانى المهاجرون من خطر الجفاف؟...

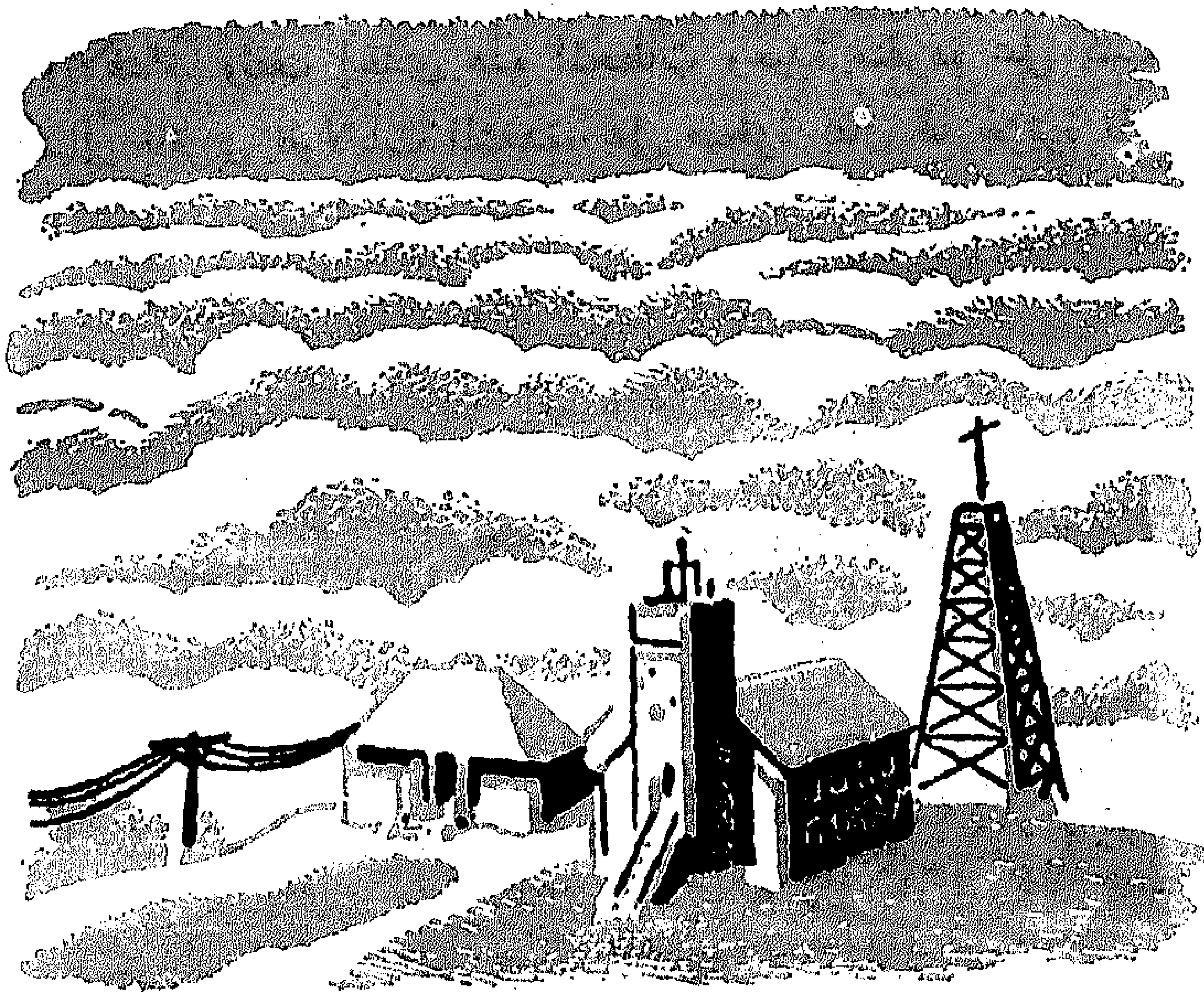
وعلى هذا الأساس عمدت الحكومة إلى فتح باب التطوع فى أعمال الرصد الجوى، كما شرعت فى الوقت نفسه فى تعيين الموظفين المختصين بهذا العمل، لأنه لم يكن من السهل أن تجمع الأرصاد من شتى أرجاء البلاد بتعيين من يكلفون بذلك أو يخصصون لعملية الرصد وحدها.



تعتبر حرارة الصيف فى وادى الموت أشد ما فى العالم قيظاً

وفى وادى الموت بكاليفورنيا مثلا قد تبلغ درجة الحرارة فى الصيف أكبر قيمة لها على سطح الأرض كله، فقد وصلت مرة إلى ٥٦,٦ درجة مئوية، وهو ثانى رقم قياسى للنهاية العظمى لدرجة الحرارة فى العالم. ويبلغ متوسط درجة الحرارة فى جرينلاند رانش بوادى الموت هذا خلال شهر يوليو معدلا يزيد على ٣٧,٧ درجة مئوية. وفى أشد ساعات النهار حرارة عندما ينتصف الصيف يصل هذا المتوسط إلى ٤٦,٦ درجة مئوية. ولقد جمع أحد المتطوعين أرصاداً من هذه المنطقة خلال سنين عديدة، وكان عندما يشتد به القيظ يرقد على فراش مندى بالماء أمام مروحة كبيرة. أما اليوم فتوجد فى هذه المنطقة مرافق للحياة على رأسها فندق كبير مكيف الهواء ومطار.

وعلى قمة جبل واشنجتون فى نيوهامبشير، يعانى الراصدون المحترفون كثيراً من غوائل الجو المختلفة. فسرعة الرياح تصل على تلك الارتفاعات إلى قيم لا قبل لأهل البلاد بها، ولقد وصل الرقم القياسى لسرعة الريح إلى ٣٦٩,٦ من

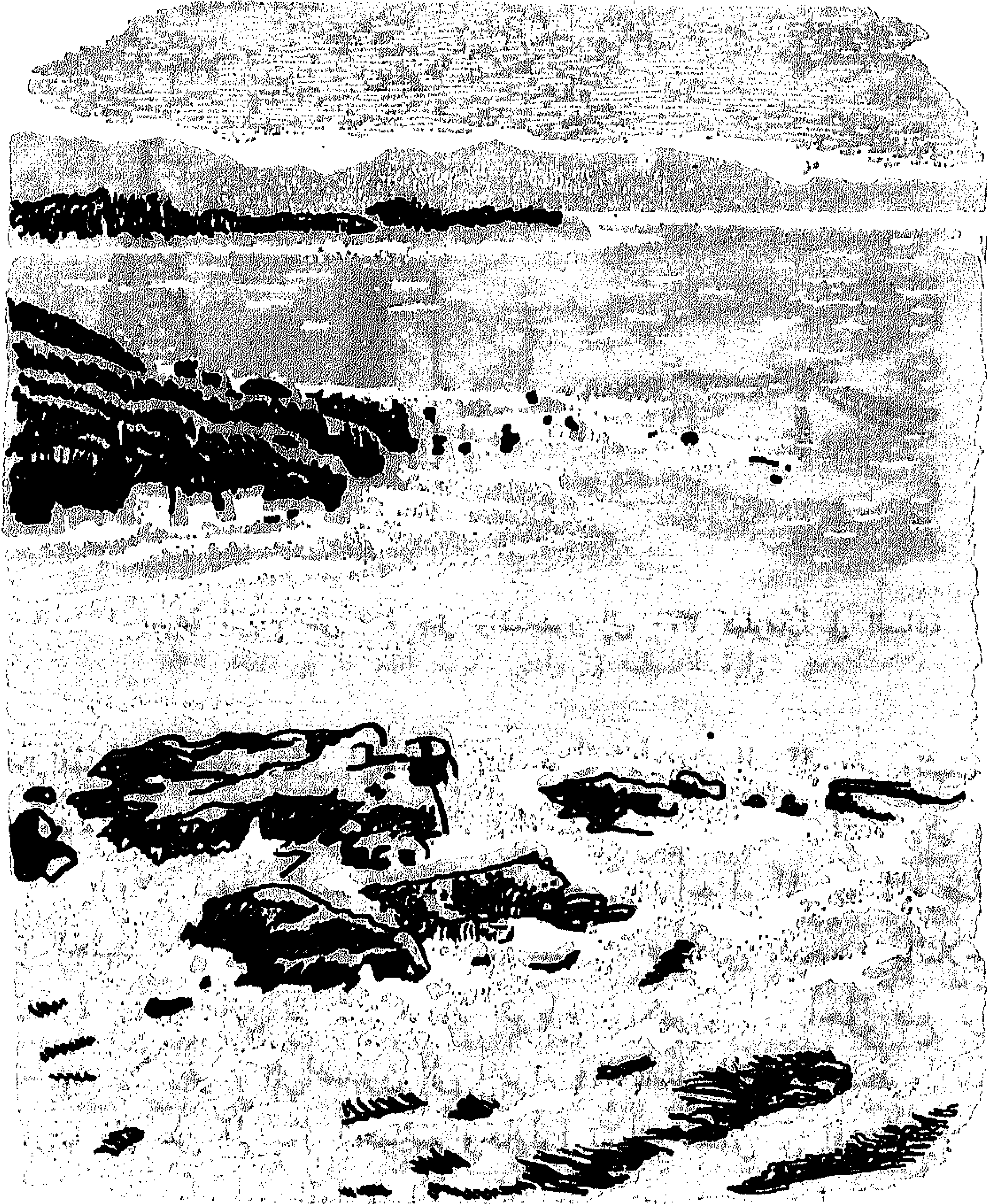


قد تصل سرعة الرياح على قمة جبل واشنجتون إلى ٣٧٠ كيلومترًا فى الساعة

الكيلومترات فى الساعة، وكان لزامًا أن تشد محطة الأرصاد إلى الصخر وتثبت فيه بأسلاك غليظة من الحديد الصلب، وإلا اقتلعتها الرياح العاتية وطيرتها كما تطير السفينة الصاروخية! وفى الشتاء ترسب الرياح على أجزاء المحطة المعرضة لها طبقة من الجليد على غرار الجليد الذى يترسب فى صناديق التجميد بالثلاجات الكهربية ولا مناص من تسخين دوارة الرياح بالكهربا من أجل منع تراكم الجليد عليها. ولا يخرج الراصدون إلى العراء فى الشتاء إلا إذا اضطروا لذلك. ولقد جازف نفر من الرجال بحياتهم وحاولوا تسلق الجبل فى الشتاء إلا أنهم تجمدوا فى مهب الرياح العاتية التى تكتسح منحدرات الجبل.

وكما اهتمت مصلحة الأرصاد بالمناخ كان عليها كذلك أن ترعى سلامة

السفن، فإن العواصف التى تجتاح البحيرات العظمى والسواحل كانت تحطم مئات المراكب. وقررت الحكومة معالجة ذلك الأمر، واتضح أن الإنذارات الجوية للسفن من ألزم ما يمكن. ولكى يجمع مكتب الأرصاد المعلومات الكافية عن تلك العواصف عمد إلى إنشاء محطات للرصد فى مختلف البقاع، وعين للإقامة فيها نفراً من الأكْفاء، برغم أن العيش فى بعض تلك الأماكن كان يتطلب كثيراً من الشجاعة والإقدام. وتقف إحدى هذه المحطات وحيدة منفردة على كثب من الركن الشمالى الغربى للولايات المتحدة، على صخرة يقال لها جزيرة تاتوش،



تقف محطة الأرصاد فى جزيرة تاتوش وحيدة منفردة

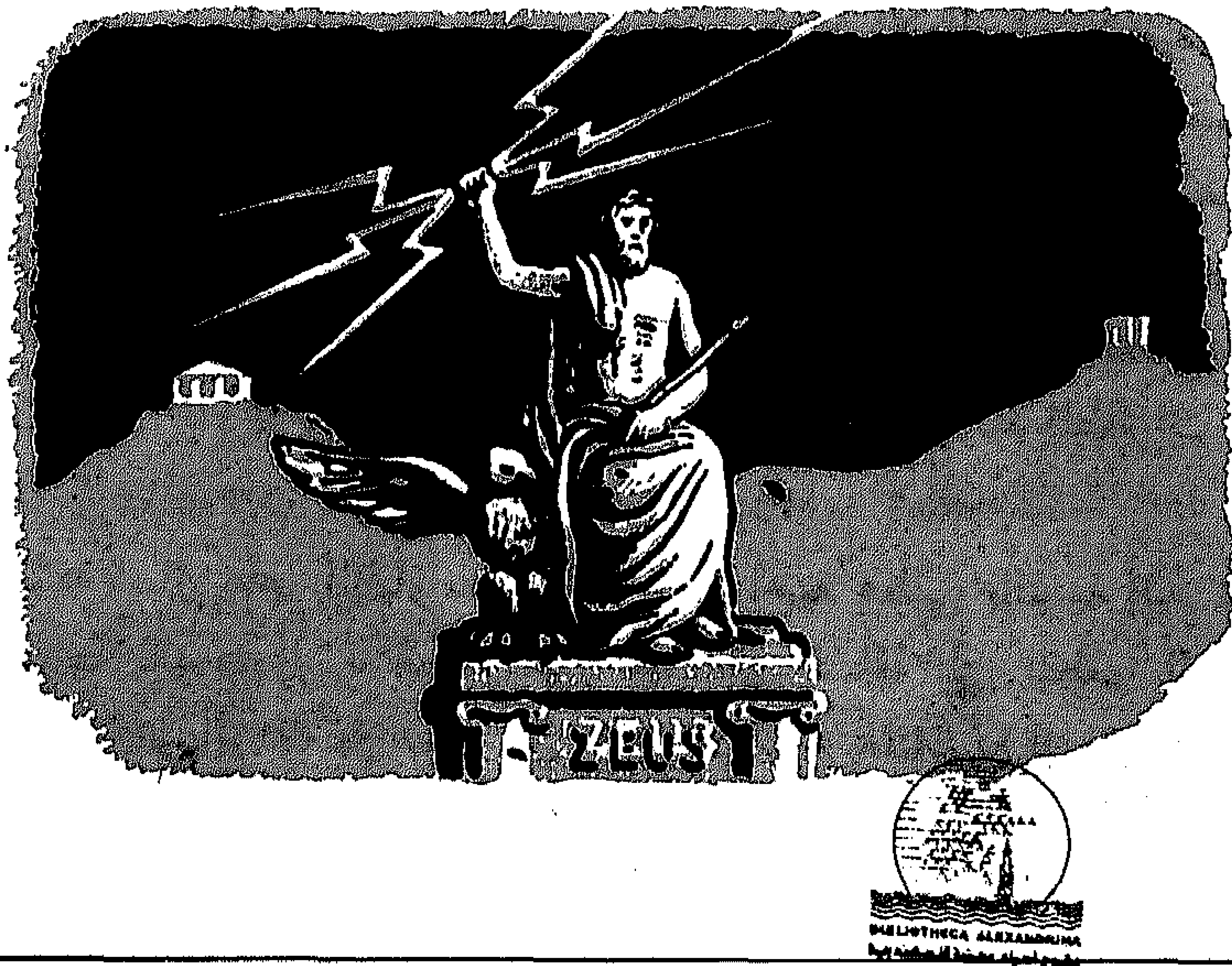
تجتاحها من آن لآخر العواصف العظمى التى تزحف شرقاً مقبلة من المحيط الهادى ورياحه الصرصر العاتية، وأمطاره وأمواجه. ولكن الراصد الجوى لا يبالى بوحدته وانفراده ويواصل جمع الأرصاد التى لولاها ربما ترتطم السفن فى تلك المنطقة بالصخور أو تغرق فى عرض البحر.

ويقدر ملاك السفن وربابينها وعمالها، وحتى المسافرون العاديون قيمة الإنذارات الجوية تقديرًا لا حد له دون شك، ففى ظلها تناقص عدد السفن التى تتحطم تناقصاً كبيراً جدًّا. ومن ناحية أخرى استطاع الأهالى أن يستفيدوا من مصلحة الأرصاد فى ميادين عديدة: استفاد الفلاح بخدمات المكتب، خصوصاً عندما تحول إلى فرع عام ١٨٩١ فى مصلحة الزراعة، وهو اليوم جزء من مصلحة التجارة، وذلك لأن التجارة والصناعة والنقل صارت تعتمد إلى حد بعيد على رجل الأرصاد أكثر مما يعتمد عليه المزارعون. وظهر هذا الاعتماد بوضوح بتقدم فنون الطيران. فكل عام يمضى يزداد عدد الذين ينتقلون بالجو، وتزداد الطائرات التى تحلق فى السماء، ومن ثم يزداد الطلب على رجل الأرصاد.

وبطبيعة الحال يعتبر الطيار تقارير الجو ذات أهمية عظمى بالنسبة إليه، تزيد على أهميتها بالنسبة إلى شخص آخر، حيث إن المسافة التى تقطعها الطائرة تتوقف على الرياح العليا. فعليه أن يختار الارتفاع المناسب لتوفير الوقت، كما عليه أن يتجنب الحالات الجوية الخطرة. ولكنه يحصل على تقارير وافية . وسواء كان على الأرض أو محلقاً فى الجو تمده (التليتيبريتر) أو (آلة التلغراف الكاتب) التى تعمل بالتليفون، كما يمده الراديو، بآخر أنباء الجو، بحيث يحصل على ما يريد من معلومات ونصائح فى الحال. ولقد اعتاد كثير من الطيارين الاتصال بمكاتب الرصد الجوى للاطلاع على آخر خرائط الطقس وتقارير الجو على طول الطريق، وهم يصرون على ذلك. وحتى إذا ما وصلهم تقرير من مكان بعيد يعتبرونه عديم الفائدة إذا كان قد مضى عليه أكثر من ساعتين، لأن الطائرات تسير بسرعة فائقة، كما أن الجو فى تغير مستمر. وبرغم أن الجمع بين هذين العاملين من الصعوبة بمكان فإننا نجد رجل الأرصاد متأهباً لإجابة هذا الطلب.

ويمد مكتب الأرصاد أى شخص بما لديه من معلومات تنفعه لأى سبب من الأسباب، وهو دائب البحث عن الوسائل التى تجعل التقارير والتنبؤات الجوية

أكثر دقة. ونحن نعرف الشيء الكثير عن الجو فى هذا العصر، وقد تقدم بنا الركب كثيراً عن تلك الأيام التى كان فيها الناس يظنون أن سبب المطر وعلته فتح نوافذ السماء، وأن البرق من آثار ما يقذف به «زيوس» الغاضب من صواعق، كما سرنا حثيثاً فى أعمال التنبؤ نابذين الطرق القديمة القائمة على الأمثال والعلامات.



رقم الإيداع	١٩٩٢/٥٥١٢
الترقيم الدولى	ISBN 977-02-3742-6

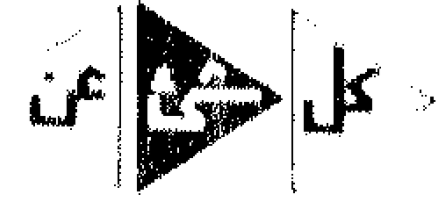
١/٩٢/١٨٧

طبع بمطابع دار المعارف (ج.م.ع.)

الجو وتقلباته

يستطيع الناس جميعاً أن يناقشوا حالة الجو ، ولكن القليلين منهم يستطيعون تفسير أسباب التغيرات الجوية والتكهن بحالة الجو . ومن سنوات بعيدة كان من الصعب تلافى أخطار العواصف والصواعق ، أما اليوم فإن مصلحة الأرصاد الجوية تنذر الناس قبل حلول العواصف بوقت كاف فيعملون على تلافى أخطارها وأخطار الصواعق ، فلم يعد الجو لغزاً يصعب فهمه .

وقد لجأ المؤلف إلى استخدام الخرائط التوضيحية والرسوم البيانية والصور ، ليفسر لنا طرق التكهن بحالات الجو ، وطرق إصدار النشرات الجوية ؛ والطريقة التى نستطيع بها أن نقرأ خرائط الجو ، وتزودنا بكل ما يجب أن يعرفه الناس عن الجو وتقلباته .



١ – الراديو والتليفزيون
٢ – الصحراء
٣ – النجوم
٤ – الأقمار الصناعية وسفن الفضاء
٥ – الجو وتقلباته
٦ – دنيا الحشرات
٧ – جسم الانسان
٨ – الطيـــور
٩ – المنطقتان المتجمدتان
١٠ – البراكين والزلازل
١١ – الغريب فى عالم الحيوان
١٢ – الكهرباء
١٣ – الحيتان
١٤ – مجموعة من أشهر المخترعين ومخترعاتهم
١٥ – البحـــر
١٦ – الأنهار العظيمة فى العالم
١٧ – بعض البعثات العلمية الشهيرة
١٨ – الفراشات وأبو دقيق
١٩ – الصخور المتغيرة
٢٠ – الثعابيـــن
٢١ – انسان ما قبل التاريخ
٢٢ – الوحوش الغريبة فى الماضى
٢٣ – الأدغـــال